

В. Е. ЗАЙДЕНВАРГ,  
Н. И. ГАРКАВЕНКО, В. С. АФЕНДИКОВ,  
Е. М. ДУБРОВСКИЙ, А. А. ТОПОРКОВ,  
В. К. ЯСНЫЙ

**УГОЛЬНАЯ  
ПРОМЫШЛЕННОСТЬ  
ЗА РУБЕЖОМ**



**«ГОРНАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ»**

Москва

1993

Авторы:  
В. Е. ЗАЙДЕНВАРГ, Н. И. ГАРКАВЕНКО, В. С. АФЕНДИКОВ,  
Е. М. ДУБРОВСКИЙ, А. А. ТОПОРКОВ, В. К. ЯСНЫЙ

АССОЦИАЦИЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИХ ИЗДАТЕЛЬСТВ

Издательство «Горная промышленность»

В. Ю. Краси к, председатель совета директоров  
Г. Г. Лу к н и, заместитель председателя совета директоров  
Г. М. Я с е н е в, директор издательства  
В. Ф. Ч е р к а с о в, главный редактор издательства

С 66 Угольная промышленность за рубежом.— М.: Горная промышленность, 1993.— 389 с.: ил. 34.

ISBN 5-247-03145-8

Проведен анализ основных технико-экономических показателей угольного производства. Дана оценка состояния шахтного и карьерного фондов, производственных мощностей, технологии горных работ, комплексной механизации очистных и подготовительных работ, подземного транспорта и подъема на угольных предприятиях. Рассмотрены направления совершенствования горной техники, автоматизации и электрификации производственных процессов, состояние научной базы. Уделено внимание охране окружающей среды.

Для инженерно-технических работников угольной промышленности.

С 2502040000  
043(01)—93 Без объявл.

ББК33

ISBN 5-247-03145-8

© Коллектив авторов, 1993 г.

## ВВЕДЕНИЕ

Угольная промышленность — одна из древнейших отраслей производства — занимала и будет занимать важное место в хозяйстве стран, располагающих запасами угля, как один из главных поставщиков первичного сырья и топлива.

Уголь добывается более чем в 50 странах от Крайнего Севера (о. Шпицберген, Воркута) до крайнего юга (Рио-Турбьо в Аргентине). В каждой из одиннадцати крупных стран ежегодно добывается более 100 млн т угля.

Угольные месторождения характеризуются исключительным разнообразием сложнейших условий, не имеющих места ни в одной другой отрасли промышленности, связанной с добычей топлива (большие глубины разработки, проявления горного давления, газодинамические явления, микроклимат и др.). В связи с этим различны способы и системы разработки угольных месторождений, технологические процессы и применяемое оборудование, к которому предъявляются повышенные требования по безопасности и надежности.

Угольная промышленность (особенно европейских стран) выдерживает жесточайшую конкуренцию других поставщиков энергетического сырья.

Всё это определяет необходимость постоянного интенсивного совершенствования техники и технологии добычи и переработки угля.

В угольной промышленности ведущих угледобывающих стран мира наблюдаются существенные сдвиги в концентрации производства на крупных предприятиях, росте производительности труда, повышении мощностей, надежности и качества машин и оборудования, обеспечении бесперебойности производственных процессов, улучшении условий труда и техники безопасности. Интенсивно велись реконструкция и модернизация шахтного и карьерного фондов за счет вывода из эксплуатации малопроизводительных и нерентабельных предприятий, объединения шахт и т. д. Одновременно продолжались техническое перевооружение, усовершенствование и внедрение наиболее современной и производительной техники на шахтах, разрезах и обогачительных фабриках. Существенно повысилась энерговооруженность производственных процессов, быстрыми темпами внедряются автоматизированные системы управления и системы

управления технологическими процессами на современной элементной базе (использование микропроцессорной техники, оптоэлектроники и др.), средства диагностики, наиболее современные стойкие конструкционные материалы.

Наряду с этим осуществлялся поиск оптимальных структур управления, подготовки кадров. В широком масштабе велись научные исследования и конструкторские работы.

Для специалистов угольной промышленности должен представлять весьма большой интерес зарубежный опыт в области совершенствования техники, технологии и экономики угольного производства.

В отечественной печати ежегодно публикуются информационные материалы, характеризующие состояние тех или иных процессов или оборудования.

В настоящее время представляется весьма важным дать систематизированное представление о состоянии и направлениях развития угольной промышленности за рубежом. При этом наглядно можно установить, в каких областях, в каком направлении наиболее эффективно следует использовать зарубежный опыт для ускорения научно-технического прогресса в отечественной практике. Следует отметить, что в открытой печати подобного рода работы не издавались в течение нескольких десятилетий.

Исходя из изложенного, цель настоящей книги — дать предельно сжатую систематизированную характеристику состояния и перспектив развития зарубежной угольной промышленности в 80-90-х гг. как в целом, так и по основным технологическим процессам, направлениям и подотраслям: запасам, объемам добычи и потребления угля, переработке, направлениям использования, вопросам безопасности и защиты окружающей среды при разработке угольных месторождений как открытым, так и подземным способом, энергообеспечению, внедрению систем АСУ и АСУТП, уровню автоматизации производственных процессов и машин, развитию и организации научных исследований, перспективам развития отрасли.

При этом наибольшее внимание уделяется:

совершенствованию горных работ, особенно на глубоких горизонтах;

модернизации шахтного и карьерного фондов;

системному решению задачи повышения эффективности угольного производства;

совершенствованию конструкций горных машин и оборудования, причем в первую очередь путем повышения производительности и надежности их;

росту энерговооруженности производственных процессов;

автоматизации и электронизации предприятий, реализации идеи частично автоматизированной шахты.

В книге также дано представление о состоянии и специфиче-

ских особенностях развития отрасли в отдельных ведущих угледобывающих странах, в первую очередь представляющих наибольший интерес в силу достигнутых высоких показателей, а также определенного сходства условий (ФРГ, Великобритания, Польша, а также в отдельных случаях и США).

Настоящая книга рассчитана на широкий круг читателей: как производителей, так и работников проектных и научно-исследовательских организаций, предприятий и учреждений отрасли, заводов угольного машиностроения. Она может оказаться полезной для преподавателей и студентов учебных заведений, которые готовят инженерно-технические кадры для угольного производства, специалистов, интересующихся проблемами топливно-энергетических отраслей народного хозяйства.

Поскольку ряд вопросов техники и технологии является общим для смежных отраслей горного дела, книга может представить интерес и для специалистов других горнодобывающих отраслей.

Настоящая книга подготовлена на основании данных, публикуемых в зарубежной научно-технической периодике и литературе, каталогах фирм, производящих горное оборудование, а также материалов организаций и компаний угольной промышленности и горного машиностроения.

Следует особо отметить, что экстремальные, практически не встречающиеся в других отраслях промышленности условия, в которых работает оборудование в угольной промышленности, вызывают необходимость предъявлять к нему повышенные требования, прежде всего в отношении прочностных параметров, применения средств диагностики неисправностей и автоматизации. В силу этого за рубежом специально отмечается, что угольное машиностроение по своему техническому уровню является одной из ведущих отраслей, и, соответственно, технический уровень оборудования для угольной промышленности едва ли не самый высокий по сравнению с другими производствами. Это лишний раз свидетельствует о важности изучения зарубежного опыта, особенно в условиях перехода к рыночной экономике.

Кроме того, знакомство с передовыми достижениями мировой практики облегчает поиск партнеров для сотрудничества, выбор зарубежной техники в случае необходимости ее приобретения, а также рынков сбыта отечественного угля и продукции заводов угольного машиностроения. Таким образом, предлагаемая книга может служить справочным пособием по зарубежной угольной промышленности.

## ЗАПАСЫ, ДОБЫЧА, ПОТРЕБЛЕНИЕ УГЛЯ

Роль угля в мировом промышленном производстве зависит от ряда факторов, важнейшими из которых являются: общее развитие производства и связанные с этим тенденции роста потребления энергии; темпы внедрения новых технологических энергосберегающих процессов и машин; наличие запасов альтернативных энергетических источников; рентабельность разработки месторождений; их географическое положение, определяющее целесообразность транспортирования угля; темпы создания новой техники для непрерывно ухудшающихся горно-геологических условий. Наконец, играет роль стремление стран, имеющих ограниченные запасы энергоносителей, поддерживать свою угольную промышленность, несмотря на ее нерентабельность, на случай возникновения экстремальных ситуаций.

В запасах невозобновляемых источников энергии на долю угля приходится более 90% геологических запасов и около 70—80% разведанных. На долю же нефти и газа соответственно несколько более 6% и около 20%. При этом разведанные запасы нефти к 1988 г. составляли 120 млрд т, и при годовом потреблении 2,9 млрд т их хватит немногим более чем на 40 лет. Разведанные запасы природного газа составляли во второй половине 80-х гг. от 90 до 100 млрд т (в нефтяном эквиваленте), таким образом при нынешнем уровне потребления их также может хватить только на несколько десятков лет.

В то же время (по данным министерства энергетики США) извлекаемые запасы угля составляли к 1990 г. 1008 млрд т, т. е. запасов только этой категории при нынешнем уровне потребления хватит более чем на 250 лет (табл. 1), а геологических запасов, по одной из многочисленных оценок (Между-

народного геологического конгресса), — более чем на 3 тыс. лет. Причем категория рентабельно извлекаемых запасов непрерывно возрастает.

Из табл. 1 видно, что запасы угля распределены весьма неравномерно. На долю 11 стран приходится около 65% разведанных запасов (на долю СНГ приходится 22,1%).

Менее 20 стран располагают рентабельно извлекаемыми запасами высококалорийных углей и около 15 стран имеют запасы углей для коксования. Более 90% этих запасов сконцентрировано в СНГ, США, ФРГ и Польше.

Значительная часть запасов (бурого угля свыше 80% в Европе и около 30% в США) пригодна для разработки открытым способом. Что касается запасов каменного угля, то в Западной Европе только 1% их может добываться открытым способом, тогда как в США — почти 25%.

В целом по всем регионам до 70% рентабельно извлекаемых запасов имеют удельную теплоту сгорания свыше 23 757 кДж/кг, из них до 20% приходится на угли для коксования. Запасы каменных углей с содержанием серы менее 1% составляют до 10% в Западной Европе и 15% — в Северной Америке, а запасы низкосернистых бурых углей составляют около 35% в Западной Европе и более 90% — в Северной Америке.

Однако в структуре мирового потребления энергетических ресурсов доля угля значительно ниже. По одной из оценок, в 1988 г. мировое потребление энергоресурсов составило примерно 13 млрд т (в пересчете на условное топливо), в том числе: нефти — 4,3; угля — 3,5; природного газа — 2,3; гидроэнергии — 0,7; атомной энергии — 0,6; прочих видов энергии — 1,2.

Таким образом, в настоящее время потребности в энергии покрываются за счет невозобновляемых ископаемых источников почти на 90%. На мировом энергетическом рынке уголь выдерживает жесточайшую конкуренцию других, более дешевых в настоящее время видов энергетических ресурсов. В силу этого доля угля в общем потреблении к концу 80-х гг. составила несколько более 20%, тогда как нефти и газа — свыше 60%.

Это подтверждает и распределение потребления первичных энергетических ресурсов в странах ЕЭС (табл. 2). В то же время в течение 8 лет с конца 70-х гг. доля нефти постоянно снижалась, ее место занимала атомная энергетика. Аналогичная картина наблюдалась в 1989—1990 гг. в Германии, которая в настоящее время находится на втором месте среди стран рыночной экономики и на первом — среди них в Европе (табл. 3). При этом характерно, что после объединения ФРГ и ГДР доля первичных энергоносителей в топливно-энергетическом балансе Германии резко изменилась, поскольку в восточно-европейских странах основным энергоносителем являлся уголь.

Таблица 1

Мировые разведанные запасы угля на конец 1990 г., млн. т

Страна	Антрацит и битуминозный уголь	Суббитуминозный и бурый уголь	Всего	Доля в мировых запасах, %
США	129 543	130 752	260 295	24,1
КНР	152 831	13 292	166 123	15,4
Австралия	44 893	46 461	90 354	8,4
ФРГ	23 698	54 964	78 662	7,3
Индия	60 098	1874	61 972	5,7
ЮАР	54 811	—	54 811	5,1
Польша	28 182	11 487	39 669	3,7
Колумбия	9612	—	9612	0,9
Великобритания	8602	500	9102	0,8
Канада	3716	3044	6760	0,6
Турция	158	5778	5936	0,6
По миру в целом	636 692	442 042	1 078 734	

Следует также отметить, что после катастрофы на Чернобыльской АЭС мощности атомной энергетики развиваются медленнее, чем предполагалось. В странах ЕЭС прирост мощностей ядерной энергетики с 1985 по 1995 г. составит 70—100 млн т (в пересчете на условное топливо).

Таблица 2

Динамика потребления первичных энергоносителей в странах ЕЭС

Энергоносители	1979 г.		1989 г.	
	млн т	%	млн т	%
Нефть	845	54,4	684	44,2
Каменный уголь	291	18,8	279	18,0
Природный газ	249	16,0	286	18,5
Атомная энергия	47	3,1	225	14,5
Бурый уголь	79	3,1	50	3,2
Гидроэнергия и прочие	71	4,6	24	1,6
Итого	1582	100,0	1548	100,0

Таблица 3

Динамика потребления первичных энергоносителей, %

Энергоносители	ФРГ	ГДР	ФРГ+ГДР
	1989 г.	1989 г.	1989 г.
Нефть	40,3	15,0	34,1
Бурый уголь	8,5	69,3	23,5
Каменный уголь	19,2	5,5	15,7
Природный газ	17,0	7,1	14,5
Атомная энергия	12,5	3,1	10,2
Прочие	2,5	—	2,0
Итого	100,0	100,0	100,0
Суммарное потребление, млн т (в пересчете на условное топливо)	383	127	510

Одной из важных тенденций, особенно проявившейся в 80-е гг., является разработка энергосберегающих технологий. Принимавшиеся в эти годы меры по экономии топливно-энергетических ресурсов привели к тому, что существенно замедлились темпы роста энергопотребления относительно темпов экономического развития. Удельное потребление конечной энергии с 1960 по 1986 г. сократилось на 47%, а топливных ресурсов —

на 55%. Характерно и то, что за последние 10 лет прирост потребления электроэнергии во все больших масштабах покрывается за счет угля. Так, в 1990 г. доля угля в ФРГ в производстве электроэнергии составила 50% (в том числе каменного — 32% и бурого — 18%), атомной энергии — 33%, гидроэнергии — 4%, нефти — 2%, природного газа — 8%, прочих энергоресурсов — 3%.

Аналогичная картина наблюдалась в США, где значительный прирост добычи угля был обеспечен исключительно за счет возросшего потребления его тепловыми электростанциями: в 1985 г. — 629 млн т, в 1990 г. — 706 млн т (рост — 12%). Потребление угля в других секторах либо снизилось, либо осталось на прежнем уровне. При этом доля электростанций в общем внутреннем потреблении угля увеличилась за эти годы с 84,8 до 86,5%. В ФРГ в 1990 г. на долю электростанций приходилось 55,9% общего сбыта (в 1988 г. — 53,4%). Одновременно с этим снизилась доля поставок угля коксохимическим заводам. В ФРГ в 1988 г. она составляла 37,2%, а в 1990 г. — 35%.

Таким образом, уголь остается важнейшим источником производства электроэнергии, что нашло отражение в проявляющейся во второй половине 80-х гг. отчетливой тенденции увеличения добычи угля в мире в целом (табл. 4). Правда, рост

Таблица 4

Динамика добычи товарного угля в основных угледобывающих странах в сопоставимом виде, млн т

Страна	1980 г.	1985 г.	1990 г.	1991 г.*
СССР	653	648	703	630
В том числе Россия	374	375	371	331
Австралия	127	156	206	214
Великобритания	128	94	93	96
ФРГ	224	207	433**	354**
ГДР	258	312		
Индия	113,5	147	219	223
КНР (рядовой уголь)	620	847	1087	1087
Польша	230	249	215	210
США	753	804	933,5	905
ЧСФР	123	127	108	106
ЮАР	115	173	175	176
Всего в мире	3813	4398	4900	Нет. свед.

\* Страны СНГ.

\*\* Включая бывшую ГДР.

добычи угля в последние годы наблюдался в основном (из крупных угледобывающих стран) в КНР, Индии, Австралии и в меньшей степени в США.

Особенно высокими темпами развивается угольная промышленность КНР. За 11 лет (1980—1991 гг.) объем добычи возрос в КНР в 1,75 раза, а с 1985 по 1991 г. — более чем в 1,3 раза, в Индии за этот период — в 1,5 раза и в Австралии — в 1,4 раза.

По прогнозу, составленному Международным энергетическим агентством в 1980 г., все производство твердого топлива в 1990 г. (некоторые страны включают сюда торф, дрова, уран) оценивалось в 3,8 млрд т (в пересчете на условное топливо), а по прогнозу Комитета по углю ЕЭК ООН 1980 г. — в 3,5 млрд т у. т., т. е. последний результат был получен уже в 1988 г.

Роль угля возрастает, несмотря на сдержанные темпы развития экономики промышленно развитых стран Запада, принятие существенных мер по экономии энергии и продолжающуюся конкуренцию нефти и газа. При этом объем добычи в различных регионах изменяется неравномерно. Так, в западноевропейских странах добыча угля систематически снижается, поскольку условия разработки этих стран не способны без значительных дотаций и протекционистских мер как правительств, так и ЕЭС, конкурировать со значительно более дешевым углем, поставляемым из США, Австралии и ЮАР. Свертывается угольная промышленность Франции (12,9 млн т в 1990 г. против 17 млн т в 1985 г.). Практически прекратилась добыча угля в Бельгии (1 млн т против 6 млн т соответственно). За рассматриваемые 5 лет значительно увеличилась добыча (но только бурых углей) в Греции (с 34,6 до 55 млн т).

В Великобритании во второй половине 90-х гг. при сокращении числа шахт со 170 до 78 и численности персонала почти в 3 раза (с 221 тыс. до 78 тыс.) подземная добыча уменьшилась примерно со 100 до 85 млн т. При этом государственная угольная промышленность Великобритании (корпорация «Бритиш коул»), которую предполагалось приватизировать после всеобщих выборов, намеченных на 1992 г., по сообщению министерства энергетики не будет приватизирована ранее середины 90-х гг.

В ФРГ во второй половине 80-х гг. снизилась добыча как каменного, так и бурого угля. Снижение добычи каменного угля в этот период происходило в соответствии с результатами переговоров представителей каменноугольной промышленности с правительством (при этом в Рурском бассейне в 1990 г. была закрыта еще одна шахта). В то же время в ФРГ осуществляется государственная политика поддержки угольной промышленности, несмотря на неконкурентоспособность, как по социальным причинам (резкое свертывание добычи угля может привести к социальным катаклизмам в крупнейшем промышленном районе ФРГ — Руре), так и по стратегическим со-

ображениям: необходимость иметь собственную энергетическую базу в случае возникновения экстремальных ситуаций и осложнений с поставками энергетических ресурсов по импорту.

Определенное снижение объема добычи угля наблюдается в Испании, хотя она по-прежнему занимает третье место среди западно-европейских стран (в 1985 г. — 39,8 млн т, в 1990 г. — 36 млн т). Здесь основной объем добычи поступает с мощных, оснащенных наиболее современным оборудованием разрезов.

Каменноугольная промышленность Испании, представляемая большим числом маломощных шахт, нерентабельна и получает субсидии, доходящие до 50% издержек производства. Однако нерентабельные шахты, как правило, не закрываются, что объясняется в первую очередь социальными причинами. От положения дел в угольной промышленности Испании зависят экономика целой провинции — Астурии и благополучие многих сотен тысяч проживающих там людей.

Крупнейшими производителями угля в Европе являются также восточно-европейские страны, для которых уголь — основной энергоноситель. Так, в Югославии, где практически добывается только бурый уголь, объем добычи возрос за эти годы с 68,4 до 73,3 млн т, в Болгарии — с 30,8 до 33,2 млн т, в Румынии — с 44,5 до 47,9 млн т. Однако в таких странах, как бывш. ГДР, Польша и ЧСФР (см. табл. 4), объем добычи начал снижаться. Это происходило в основном из-за сокращения объема производства, особенно в таких энергоемких отраслях промышленности, как металлургия и машиностроение, что связано с коренными социальными, политическими и экономическими переменами в этих странах, а также из-за резко повысившихся требований к экологии. Отсюда снижение добычи на разрезах бывш. ГДР на 52 млн т только за один 1990-й год. В предшествовавшие годы, характеризовавшиеся ростом добычи угля, объем работ по рекультивации оставался неизменным, и многие отработанные площади не были восстановлены и превратились в пустоши. В Польше дополнительными факторами, определившими снижение добычи угля, явились переход на пятидневную рабочую неделю и уменьшение объема внутреннего потребления угля под влиянием резкого роста цен. В Венгрии добыча угля за 5 лет сократилась с 24 до 20 млн т.

Во второй половине 80-х гг. интенсивно развивалась добыча угля в США. При этом большой объем добычи приходится на западные штаты, которые опережают восточные и в общепромышленном развитии (табл. 5).

Рост добычи угля в США был обусловлен развитием внутреннего потребления его, которое возросло с 742 млн т в 1985 г. до 816 млн т в 1990 г., или на 10%. Объем экспорта за это пятилетие практически не изменился (в 1990 г. — 86 млн т, прирост — 0,9 млн т).

Быстрыми темпами развивается угольная промышленность

Канады, которая по объему добычи занимает 11-е место в мире (61 млн т — в 1985 г., 74 млн т — в 1990 г.). Из стран Латинской Америки Колумбия наиболее активно развивает свою

Таблица 5

Добыча товарного угля в США, млн т

Штаты	1985 г.	1989 г.	1990 г.	1991 г.*	1992 г.*
Восточные	506,9	543,4	572,4	537,1	552,5
Западные	294,7	346,6	361,1	367,4	381,0
Итого	801,6	890,0	933,5	904,5	933,5

\*Оценка.

угольную промышленность в основном за счет открытого способа добычи и благодаря наличию богатых и благоприятно расположенных месторождений (7,6 млн т — в 1985 г., 21 млн т — в 1990 г., т. е. рост за 5 лет в 2,8 раза). При этом значительная часть колумбийского угля предназначена для экспорта в страны Латинской Америки, а также в другие регионы.

В Азии, помимо КНР и Индии, в достаточно больших объемах уголь добывается в КНДР, занимающей 12-е место в мире (в 1985 г. — 52 млн т, в 1990 г. — 67,5 млн т), и в Турции (в 1985 г. — 33,1 млн т, в 1990 г. — 46,9 млн т), где более 90% добычи приходится на открытые работы. В Южной Корее в 1990 г. было добыто 19 млн т каменного угля (в 1985 г. — 23,3 млн т), или почти в 2 раза больше, чем в Японии (10 млн т). Япония предпочитает использовать более дешевый импортный уголь (в основном австралийский), а добычу поддерживает в качестве определенного резерва, а также по социальным соображениям.

Страны Африки, за исключением ЮАР, где добыча угля сохраняется на стабильном уровне (174—176 млн т), практически не имеют современной угольной промышленности. Объем добычи колеблется в пределах 100 тыс. т (Мозамбик, Заир) — 1 млн т (Марокко) и только в Зимбабве достиг 4,8 млн т (в 1985 г. добыча составляла 2,7 млн т).

Неравномерное распределение запасов угля и значительно меньшие издержки производства в таких странах, как США, ЮАР и Австралия, по сравнению с западно-европейскими странами, что обусловлено различием горно-геологических условий, предопределили значительные объемы торговли углем, которые составили в 1987 г. около 365 млн т, а в 1990 г. — 394,5 млн т. При этом в страны ЕЭС поставляется до 100 млн т угля ежегодно.

Таким образом, уголь является наиболее стабильным и обеспеченным энергетическим ресурсом, его роль и место в энергопотреблении непрерывно возрастают. Среди ведущих угледобывающих стран наблюдается смена лидеров: в 80-х гг. выдвигаются такие страны, как КНР, Индия, ЮАР, Австралия. В потреблении угля также происходят структурные сдвиги: возрастает доля электростанций и сокращается объем угля, идущего на коксование.

## ШАХТНЫЙ И КАРЬЕРНЫЙ ФОНД

### ШАХТНЫЙ ФОНД

Показатели и условия работы шахт. Добыча угля подземным способом в основных угледобывающих странах мира характеризуется концентрацией ее на крупных высокомеханизированных предприятиях. Наивысшего уровня концентрация подземной добычи угля достигла в Европе (табл. 6). Так, в

Таблица 6

Динамика основных показателей шахт за 1980—1991 гг.

Показатели	Страна	1980 г.	1985 г.	1990 г.	1991 г.
Среднесуточная добыча шахты (производственной единицы), т товарного угля	Великобритания	2 275	2 967	4 600	5 000
	ФРГ	9 517	10 894	10 974	11 400
	Польша	9 261	9 318	8 986	9 000
	ЧСФР	5 356	4 986	5 100	5 050
Доля добычи угля из комплексно-механизированных забоев, %	Великобритания	96,5	98,0	100,0	1 000
	ФРГ	96,9	99,3	99,8	99,8
	Польша	74,7	87,2	88,1	—
	ЧСФР	53,4	57,0	61,5	»
Производительность труда рабочего по добыче на шахтах, т товарного угля: среднемесячная	США	160,4	239,5	314,9	370,0
	Великобритания	44,8	53,9	82,2	91,4
	ФРГ	56,5	59,6	64,4	—
	Польша	54,0	49,8	47	»
сменная	ЧСФР	47,1	41,3	40	»
	США	10 194	16 433	26 600	30 000
	Великобритания	2 629	3 092	5 439	6 010
	ФРГ	3 747	4 136	4 562	4 760
	Польша	2 594	2 423	2 270	—
	ЧСФР	2 390	2 208	2 150	—

ФРГ на 31 шахте среднесуточная нагрузка составляла около 11 400 т товарного угля, в Великобритании на 74 шахтах нагрузка достигла более чем 4900 т (только за 1985—1989 гг. число шахт уменьшилось в 1,8 раза, а нагрузка возросла в 1,5 раза), в Польше средняя нагрузка на каждой из 70 шахт составляла почти 9000 т (8 шахт работали со среднесуточной нагрузкой более 16 000 т).

В перспективе до 2010 г. добыча угля подземным способом сохранится на уровне 53—55% общей мировой, несмотря на то, что она будет вестись в усложняющихся природных условиях. Данные, характеризующие нынешние условия разработки угольных месторождений, и основные характеристики угольных шахт приведены в табл. 7.

Горно-геологические условия залегания угольных пластов на месторождениях, разрабатываемых подземным способом, крайне разнообразны: в странах Европы они самые сложные, в США, Австралии и ЮАР наиболее благоприятны.

В основных угледобывающих странах Европы средняя глубина разработки ежегодно увеличивается на 10—15 м. В ФРГ она достигла 900 м, в ЧСФР — 680 м, в Польше и Великобритании 540—555 м. Некоторые шахты Польши и ФРГ начали разработку пластов на глубинах свыше 1000 м. Так, в ФРГ шахты «Монополь» и «Иббенбюрен» отрабатывают пласт на глубине 1350—1500 м, в Польше шахта «Халемба» разрабатывает пласт на глубине 1300 м, в ЧСФР шахты «Острава», «Глубина» и «Индриж» ведут разработки на глубине 1200—1340 м. К 2000 г. в Польше добыча угля с глубины более 1000 м (в 1985 г. — 0,9% общей добычи) возрастет до 2,1%, в ФРГ — с 7 до 43%, в ЧСФР — с 15 до 83% (Остравско-Карвинский бассейн). В Великобритании средняя глубина разработки составляет 540 м (одна лава работала на глубине более 1000 м; разработка на глубине свыше 1000 м начнется не ранее 2000 г.).

В КНР средняя глубина разработки составляет 350 м (максимальная 800 м), в Индии — 150 и 675 м соответственно. В США более 90% добываемого угля залегает на глубине до 300 м, а средняя глубина разработки составляет 150 м. На большинстве месторождений ЮАР и Австралии мощность покрывающих пород редко превышает 300 м. Так, в Австралии в штате Новый Южный Уэльс (87% подземной добычи) 50% добычи поступает из пластов, где мощность покрывающих пород менее 200 м.

Увеличение глубины разработки во многих странах влечет за собой повышение температуры и горного давления, опасности горных ударов (в ЧСФР, например, 32% угля добывают из пластов, опасных по горным ударам), газоопасности, а также размеров охранных целиков.

Опасность горных ударов различной степени наблюдается

Таблица 7

Условия и показатели работы при подземном способе добычи угля

Показатели	ФРГ	Велико- британия	Польша	ЧСФР	США	КНР
Число действующих шахт	28	90	70	27*	> 1500	602
Средняя мощность разрабатываемых пластов, м	1,82	1,75	2,28	2,41	2,6	2—2,5
Распределение добычи угля (%) подземным способом по мощности разрабатываемых пластов, м:						
< 1,2	10	16	12,2	10,5 (< 1 м)	18,5	12,4 (< 1,3 м)
1,2—1,8	29	31	43,5 (1,2—2,5 м)	28,9 (1,0—2,5 м)	45,3	87,6 (> 1,3 м)
> 1,8	61	53	44,3	60,6	36,2	
Распределение добычи угля (%) подземным способом по углам пластов, град:						
< 35	98	100	96	96,9	Угол падения пластов 2—8°	83,6 (до 25°)
35—45	2	—	4 (> 35°)	31		16,4 (> 25°)
> 45		—				



Показатели	ФРГ	Велико- британия	Польша	ЧСФР	США	КНР
Средняя глубина разработки, м	902	555	539	630—680	Более 91% угля залегает на глубине до 300 м	350 (шах 800 м)
Доля добычи угля из шахт газовых и опасных по внезапным выбросам угля и газа, %	6,0	—	2,0	10,0	—	33% шахт опасны по выбросам
Число действующих лав, всего	172	240	—	340	96	2290
Средняя длина лавы, м	249	227	148	102	203	100
Среднесуточная скорость подвигания лав, м	3,29	2,79	1,88	1,67	—	—
Длина выемочного участка, м	1106	—	—	—	1312	—
Среднесуточная нагрузка на лаву, т товарного угля	1834	1477	887	420	1730	—
Средняя площадь поперечного сечения выработок, м <sup>2</sup>	22—26	18	16—17	14—19	Групповые выработки	—

\* 16 шахт расположено в Остравско-Карвинском каменноугольном бассейне.

в настоящее время на 36 шахтах Польши (30% добычи). В 1983 г. горный удар в шахте «Шленск» энергией  $10^9$  Дж ощущался на поверхности, вызвал завал в шахте; в шахте «Шомберки» два горных удара привели к повреждению объектов на поверхности. Опасность горных ударов возникла и в ЧСФР, особенно в карвинской части Остравско-Карвинского бассейна (82% подземной добычи в стране), где доля добычи из удароопасных пластов составляет 33,6%, а из пластов, опасных по внезапным выбросам угля и газа, — 39,2%.

Рост среднего газовыделения также связан с увеличением глубины разработки. В ФРГ относительная газообильность шахт Рурского бассейна составляет 25,3 м<sup>3</sup>/т, в Ахенском — 37,3 м<sup>3</sup>/т, а в Рыбникском районе Польши — 21,4 м<sup>3</sup>/т. В КНР на шахты с газовыделением более 10 м<sup>3</sup>/т приходится более 40% добычи. Около 43% шахт страны весьма газообильны, треть из них опасна по внезапным выбросам угля и газа (при глубине более 400 м), на 88% шахт взрывоопасна угольная пыль, а на 53% шахт уголь склонен к самовозгоранию.

На шахтах стран с высокоразвитой угольной промышленностью (80% шахт в мире, 75% добычи угля подземным способом) ежегодно выделяется более 30 млрд м<sup>3</sup> рудничных газов, в том числе около 20 млрд м<sup>3</sup> метана (66%) и 10 млрд м<sup>3</sup> углекислого газа (34%).

В наиболее метанообильных шахтах ФРГ, КНР, США, Великобритании, Австралии, Японии, Франции ежегодно выделяется по 300—500 тыс. м<sup>3</sup> метана, что составляет 150—200 м<sup>3</sup>/т добываемого угля. Кроме метана, в угольных шахтах КНР, Австралии, Франции и Польши в больших объемах выделяется углекислый газ. В высокогазообильных шахтах ФРГ, Бельгии и Франции получают до 95—100% всего угля, добываемого подземным способом.

Большое выделение рудничных газов (особенно метана и более тяжелых углеводородов) существенно влияет на технико-экономические показатели работы шахт. Повсеместно технико-экономические показатели работы негазовых шахт значительно лучше, чем показатели газовых шахт. Так, в ФРГ производительность труда на негазовой шахте «Вальзум» на 70—75% выше, чем на соседних газообильных шахтах «Лоберг», «Рейнланд» и «Генрих Роберт» (Рурский бассейн).

Выделение больших объемов метана в угольных шахтах неоднократно становилось причиной крупных аварий с гибелью нескольких сотен шахтеров.

В высокогазообильные шахты подается до 10—12 м<sup>3</sup>/мин воздуха (в расчете на 1 т добываемого угля это составляет 15—17 т/сут). Для подачи больших объемов воздуха и снижения сопротивления его движению на шахтах ФРГ, Австралии, Бельгии, Франции и США проводят участковые выработки площадью поперечного сечения 18—23 м<sup>2</sup>.

Кроме шахт с обычным выделением рудничных газов, почти в 300 зарубежных угольных шахтах мира разрабатываются угольные пласты, опасные по внезапным выделениям рудничных газов (метана, углекислого газа и их смесей). Работа этих шахт (мощность 300 млн т/год угля) сопровождается 620—630 внезапными выбросами угля и газа в год. Внезапные выбросы угля и газа имеют наибольшую силу на пластах с выходом летучих веществ от 10 до 30% — 3000—5000 т угля и 100 тыс. м<sup>3</sup> газа. При выбросах угля и углекислого газа средняя сила выброса обычно в 2 раза больше, чем при выбросах с участием метана.

Выбросы угля, породы и газа происходят в Австралии (в шахтах Сиднейского бассейна в штате Новый Южный Уэльс и бассейнов штата Квинсленд имеют место выбросы угля, метана, углекислого газа и их смесей), ФРГ (метан), Франции (метан в шахтах бассейнов Нор и Па-де-Кале и Лотарингского, углекислый газ, смесь углекислого газа с метаном и метан в бассейне Сантр-Миди, углекислый газ в шахте «Дофине» этого же бассейна), КНР (метан), Канаде (метан), Турции (метан), Польше (углекислый газ и с недавних пор метан в шахтах Верхней Силезии), ЮАР (метан и углекислый газ) и в других странах.

Средняя разрабатываемая мощность пластов изменяется, и в некоторых странах в связи с исчерпанием запасов, залегающих в благоприятных условиях, вынуждены разрабатывать весьма тонкие пласты (ЧСФР). В других же странах (Великобритания, ФРГ) в связи со стабилизацией добычи и стремлением сократить расходы на нее, наоборот, отказываются от разработки тонких и крутых пластов.

В Польше средневзвешенная мощность разрабатываемых на шахтах пластов составляет 2,28 м. На пласты мощностью 0,8—1,2 м приходится 12,2%, 1,2—3,4 м — 61,7%, свыше 3,4 м — 26,1% добычи. В стране 94% запасов содержится в горизонтальных и слабо наклонных пластах и только 3% — в пластах с углами падения свыше 35°. Таким образом, около 98% добычи угля подземным способом получают при разработке пластов с углом падения до 35°.

В ЧСФР средневзвешенная мощность разрабатываемых пластов каменного угля составляет 1,74 м, а бурого угля — 4,57 м. На пласты мощностью менее 1 м приходится 10,5% общей подземной добычи, от 1,0 до 2,5 м — 28,9%; 2,5—3,5 м — 24% и свыше 3,5 м — 36,6%. Необходимо отметить, что в доле пластов мощностью менее 1 м на крутые пласты приходится 2%. В целом 95,3% добычи поступает из пластов с углом падения до 35°.

В КНР средняя мощность пластов 2,0—2,5 м. Разработка ведется преимущественно на пластах средней мощности — 1,3—3,5 м (43,3% добычи) и мощных — более 3,5 м (44%).

Свыше 82% подземной добычи приходится на пологие пласты (угол наклона — до 25°), около 12% — на наклонные (25—45°) и 6% — на крутые. Для месторождений КНР характерны изменчивость пластов по мощности и их нарушенность.

В США средняя мощность угольных пластов, разрабатываемых подземным способом, составляет около 2,6 м (от 0,9 до 6,0 м). Доля пластов мощностью до 1,2 м в подземной добыче достигает 35%. Практически разрабатываются пласты мощностью 0,6 м — 1,5% добычи; от 0,60 до 1,07 м — 19,3%; от 1,07 до 1,23 м — 11,2%; от 1,23 до 2,0 м — 47,4%, от 2,00 до 3,05 м — 16,9% и свыше 3,05 м — 3,7% добычи. Большинство разрабатываемых пластов имеет угол падения до 8°, незначительная часть добычи приходится на пласты с углом падения от 30 до 60°.

В Великобритании средняя разрабатываемая мощность пласта составляет 1,75 м, разрабатываются практически пологие пласты. На пластах мощностью до 0,9 м работает всего одна лава из 305 действующих в стране, на пластах мощностью 0,9—1,2 м — 68 лав; 1,2—1,5 м — 64 лавы; 1,5—2,0 м — 92 и свыше 2,1 м — 80 лав.

В ФРГ средняя разрабатываемая мощность пласта равна 1,82 м. Доля добычи из пластов мощностью до 1,2 м составляет 10%, 1,2—1,8 м — 29%, 1,8—2,2 м — 20%, свыше 2,2 м — 41%. Практически вся добыча (99%) ведется на пластах с углом падения до 36°.

В Австралии подземным способом разрабатываются только пологие пласты мощностью более 1 м, причем основная добыча — 95% получается из пластов мощностью более 2 м, в том числе из пластов мощностью 3—5 м — 36% и свыше 5 м — 15% добычи. Таким образом, средняя вынимаемая мощность пласта превышает 3 м.

На шахтах Индии разрабатываются пласты мощностью от 0,9 до 30,0 м, углы падения не превышают 20°.

**Концепции развития шахтного фонда.** Во многих странах, особенно в странах ЕЭС, резкое сокращение сбыта угля в связи с изменением структуры энергоснабжения в 60-х гг. повлекло за собой закрытие шахт. Для того чтобы привести добычу в соответствие с потребностями, были закрыты в первую очередь нерентабельные или менее рентабельные шахты. В основном это были шахты со сложными горно-геологическими условиями разработки (крутые, тонкие пласты и т. д.).

В Польше добыча угля сосредоточена на 70 шахтах со среднесуточной мощностью около 9 тыс. т товарного угля. Максимальная добыча шахты 27,4 тыс. т (среднегодовая — 8,1 млн т). Число шахт со среднесуточной добычей свыше 10 тыс. т составляет 37,7% шахтного фонда (26 шахт). Около 63% подземной добычи угля получают из шахт со среднегодовой мощностью более 3 млн т и только 4% — менее 1,2 млн т.

Массовое строительство шахт в Польше началось практически сразу после окончания второй мировой войны. До настоящего времени построены 22 шахты и 60 реконструированы. В силу ряда обстоятельств (прежде всего из-за слабой шахтостроительной базы) в первые послевоенные десятилетия закладывались шахты малой производственной мощности. Затем в 60-х гг. был взят курс на обновление и реконструкцию шахт. Практически все шахты до настоящего времени находятся в постоянной реконструкции, в результате чего число шахт с 1970 г. снизилось на 7 единиц, а добыча шахты в среднем возросла с 5850 в 1970 г. до 9000 т в 1991 г., т. е. на 54 %.

Значительно сократились сроки строительства шахт за счет ряда новшеств, как применяемых в других странах, так и собственных только Польше. Так, для ускорения ввода шахты в эксплуатацию был освоен метод надвигки на постоянное место смонтированных в стороне от ствола шахтных копров, надшахтных зданий. Они строятся одновременно с проходкой ствола. По подсчетам польских специалистов, это сокращает срок строительства на два года. Таким образом, построено уже 6 шахт. Кроме того, был разработан новый тип башенного копра на четырех железобетонных колоннах с установкой машин в устье ствола. Одновременно ведется монтаж копра и подъемных машин. Этот метод пока применен на одной шахте, но он обеспечил снижение капитальных затрат на 50 %. Надвигка копров и надшахтных зданий в комбинации с вскрытием шахтного поля с соседней шахты при строительстве одной из самых крупных шахт «30-летие ПНР», сократила сроки строительства с 7 до 5 лет, что позволило раньше начать добычу, которая составила за два года 8,5 млн т угля.

Одним из примеров концепции шахтного строительства в Польше является комплексное развитие Рыбникского округа (южная часть Верхнесилезского бассейна). Месторождение было разбито на шесть шахтных полей, каждое из которых вскрывается двумя стволами. Добычные горизонты на смежных шахтах нарезаются на одинаковых отметках. Вентиляционные стволы проходятся на границах смежных полей, что позволяет вести вскрытие поля одной шахты из выработок уже построенной. Это сократило строительство всех шахт на 1,5—2,0 года.

В ЧСФР в последние годы строительство шахт в связи с ограниченностью запасов угля месторождений, которые могут быть разработаны, ведется только для восполнения выбывающих предприятий, чтобы сохранить уровень добычи. Шахтный фонд ЧСФР насчитывает 27 единиц, среднесуточная добыча шахты равна 5050 т товарного угля. Основу шахтного фонда (53,6 %) составляют шахты среднесуточной мощностью от 5 до 10 тыс. т. Самая крупная, построенная в 1985 г., шахта «Дарков» имеет суточную мощность 11 тыс. т.

В КНР крупные и средние угледобывающие предприятия

(602 шахты) подчинены министерству энергоресурсов, свыше 60 тысяч мелких предприятий находятся в ведении провинциальных (10 % добычи) и местных (35 % добычи) органов власти. Среднесуточная добыча составляет 1100 т. В КНР насчитывается около 25 шахт с годовой добычей более 1 млн т.

Угольной промышленностью КНР освоены 24 угольных бассейна из 60, имеющихся на территории страны, так что можно сказать, что основное развитие и становление структуры шахтного фонда еще впереди. Однако уже сейчас в стране ведется массовое строительство шахт и разрезов. За последние 30 лет в КНР построено 1500 угледобывающих предприятий суммарной годовой производственной мощностью 480 млн т, а объем капиталовложений увеличился в 47 раз. В 1987 г. были введены в строй 26 новых предприятий общей мощностью 27 млн т. К 2000 г. намечено увеличить добычу угля на 60 млн т за счет реконструкции крупных предприятий, в то же время 200 млн т угля в год будут добывать к концу XX в. новые шахты. С 1986 по 1990 г. намечалось реконструировать 57 старых шахт и построить 41 новую шахту.

Основные усилия будут направлены на освоение месторождений угля в прибрежных провинциях, где имеется развитая промышленность и ощущается нехватка угля. Одним из направлений является строительство шахт средней мощности, требующее меньше капиталовложений и обеспечивающее более быструю отдачу. Модернизация оборудования на шахтах, внедрение новых технологий будут осуществляться в рамках сотрудничества с другими странами в таких формах, как инвестиции, обмен и закупка технологий.

Вместе с тем в КНР будет продолжаться политика вовлечения крестьян и сельских кооперативов в строительство совместно с государством мелких местных шахт. Помощь им будут оказывать государственные шахты, которые передадут им современную технологию. Это направление будет усиливаться, так как на долю мелких эксплуатируемых крестьянами шахт во второй половине 80-х гг. приходится около 70 % общего прироста добычи угля в стране.

Угольная промышленность США характеризуется наличием большого числа угледобывающих предприятий, преимущественно мелких. В 1950 г. в стране действовало 6798 шахт со средней суточной нагрузкой 289 т. Затем число предприятий снижалось, однако после энергетического кризиса 1973 г. за последние 5 лет шахтный фонд увеличился на 963 единицы. В итоге к 1985 г. число шахт составило 1694, а среднегодовая мощность — 186,8 тыс. т. При распределении шахт по группам мощности (1985 г.) структура шахтного фонда и добычи выглядит следующим образом: на шахты со среднегодовой мощностью более 450 тыс. т приходится 11 % по числу шахт и 58,4 % по добыче, мощностью от 180 до 450 тыс. т — 12 и 17,6 % соответ-

венно, 90—180 тыс. т — 16 и 11%, 9—90 тыс. т — 61 и 12,8%. Таким образом, из-за большого числа мелких шахт среднегодовая мощность шахт по стране невелика.

В США в стадии строительства постоянно находится большое число предприятий, сроки ввода в эксплуатацию которых в связи с благоприятными условиями разработки (небольшие глубины залегания, вскрытие преимущественно штольнями) составляют 2—3 года.

В стадии осуществления находятся 19 проектов строительства и реконструкции предприятий с приростом мощности, и суммарная мощность новостроек составила к 1990 г. 23,7 млн т, а с учетом реконструкции — 31,5 млн т.

Для угольной промышленности США в последнее время характерно наличие избыточной производственной мощности в объеме 130—150 млн т товарного угля. Обращает на себя внимание возможность быстрой реализации резервов. Необходимо отметить, что в США коэффициент использования производственной мощности составляет 89% (исходя из 227 рабочих дней при 298 возможных он снижается до 68%, а если учесть, что значительное число предприятий работает на одно- или двухсменном режиме, то этот показатель будет еще ниже).

В основных угледобывающих странах Западной Европы — Великобритании и ФРГ — число шахт и нагрузка на них за последние 30 лет претерпели значительные изменения. В Великобритании число шахт с 1960 по 1970 гг. уменьшилось с 698 до 292, а в ФРГ — со 146 до 69. Позже сокращение числа шахт замедлилось в основном в связи с изменением ситуации на мировом рынке энергетического сырья. Оставшиеся в эксплуатации шахты были либо объединены в более мощные крупные предприятия, либо реконструированы, в большинстве случаев с приростом мощности. Строительство новых шахт (за исключением Великобритании) не велось. В результате совершенно изменился облик угольной промышленности и большинства ее предприятий в этих странах. Увеличилась доля крупных шахт. В настоящее время в Великобритании действуют 90 шахт со среднесуточной добычей около 4600 т, в ФРГ — 28 шахт со среднесуточной добычей около 11 400 т. Резервные производственные мощности составляют в этих странах 5—10%. Наличие избыточных мощностей предусматривалось на случай возможного наращивания добычи, однако экономический кризис 1981—1983 гг., сокращение производства в черной металлургии, конкуренция со стороны более дешевого импортного угля выдвинули вопрос о сокращении производственных мощностей. Последнее, кстати, явилось причиной длительнейшей забастовки шахтеров Великобритании в 1984—1985 гг. В ФРГ в целях снижения добычи с 1982 г. введены нерабочие дни и нерабочие смены на шахтах.

Для сохранения производственных мощностей при строи-

тельстве и реконструкции шахт в Великобритании и ФРГ стремятся обеспечить снижение издержек производства за счет модернизации и рационализации всех производственных процессов. После значительного сокращения затрат труда на очистных работах началась перестройка инфраструктуры шахт, в основном — транспортирования угля. Для этого в Великобритании и ФРГ сооружаются оборудованные мощными ленточными конвейерами наклонные стволы для выдачи угля с соседних шахт, причем поверхность одной из шахт зачастую ликвидируется. При прирезке новых участков к полям действующих шахт подготовительные выработки также проводятся с соседней шахты. При строительстве новых шахт в Великобритании применяется современный метод сооружения ствола бурением на полный диаметр. Первый ствол был пройден таким способом на диаметр 3,75 м, а затем на шахте «Молтби» был сооружен ствол диаметром 8 м. Вообще в Великобритании для шахт-новостроек диаметр ствола 8 м является типовым при годовой производительности подъема до 6 млн т. Крепь в таких стволах достигает толщины 600—900 мм.

В Великобритании среднегодовая производственная мощность шахты возросла к началу 90-х гг. по сравнению с 1985 г. почти на 30%. Производственные издержки уменьшились на 24%. Намечено строительство новых шахт для компенсации закрытых нерентабельных. Капиталовложения горной подотрасли составляют 99% общих капиталовложений корпорации «Бритиш коул». В конце 80-х гг. они несколько снизились при одновременном росте затрат на строительство новых шахт и модернизацию оборудования (на эти две категории приходится 50% всех капиталовложений).

Увеличение производственной мощности действующей шахты достигается в основном за счет повышения эффективности работы очистных забоев, оснащенных современным оборудованием. Это достаточно доказательно подтверждает пример Великобритании, где основным объектом реконструкции и модернизации шахт с целью повышения их мощности были очистные забои.

На шахтах Великобритании широко применяются следующие системы разработки:

длинными лавами с их подвиганием в прямом или обратном порядке (доля последней возрастает);

длинными лавами с их подвиганием в обратном порядке, обслуживаемыми одним выемочным штреком;

камерно-столбовая система с использованием короткозабойных выемочных комбайнов (применяется ограниченно).

После многолетнего успешного применения прямого порядка отработки, с учетом преимуществ обратного порядка отработки (рост производительности труда, лучшая возможность извлечения оборудования для повторного использования после отра-

Таблица 8

Сравнение показателей работы лав на шахте  
«Доу милл» при разном порядке отработки

Показатели и оборудование	Лавы 62, обрабатываемая в прямом порядке	Лавы 61, обрабатываемая в обратном порядке
Вынимаемая мощность пласта, м	3,65	3,65
Длина лавы, м	229	184
Комбайны для отработки части лавы, сопряженной: с главным штреком	Комбайн фирмы «Андерсон Стресклайд» с одним регулируемым по высоте исполнительным органом с приводом мощностью 375—500 кВт	
с хвостовым штреком	Тот же комбайн, но с двумя исполнительными органами	Тот же комбайн с одним исполнительным органом
Габариты шнеков, мм	1830×660	1830×760
Система подачи	БСП «Рэкатрак»	
Механизированная крепь	Четырехстоечная кустовая крепь щитового типа (фирма «Даути»)	
Оборудование для подрывки во вспомогательном штреке	Машина для подрывки фирмы «Доско»	—
Забойный конвейер	Скребок-конвейер фирмы «Андерграунд майнинг машинери», со сдвоенной, вынесенной в направляющую цепью, диаметр прутка — 26 мм	
Перегружатель	Фирма «Андерграунд майнинг машинери»	
Конвейер в штреке	Ленточный, с лентой шириной 1070 мм	
Число рабочих дней	622	268
Число машинных смен	1505	717
Подвигание лавы, м	997	780
Добыча товарного угля, т:		
всего	1 215 390	785 201
за сутки	1954	2930
Число выходов по лаве	37 359	12 626
Сменная производительность труда рабочего по лаве, т	32,53	62,03
Лучшие показатели по лаве за неделю:		
число рабочих дней	5	5
число машинных смен	14	15
подвигание лавы, м	13,1	33,7
добыча товарного угля, т:		
за неделю	17 639	32 335
за сутки	3529	6467
число выходов по лаве	278	308
сменная производительность труда рабочего по лаве, т	63,45	104,98

ботки лавы и др.), наметилась тенденция перехода на последний порядок отработки. В табл. 8 приведены данные, характе-

Таблица 9

Сравнение показателей по шахтам «Торсби» и  
«Силверхилл» при разном порядке отработки

Показатели за пятидневную неделю	«Торсби»	«Силверхилл»
	Обратный порядок отработки	Прямой порядок отработки
Вынимаемая мощность пласта, м	2,6	2,6
Длина лавы, м	250	250
Добыча товарного угля, т	61 718	30 529
Суточная нагрузка на лаву, т	12 344	6106
Число вынутых полос	130	106
Подвигание лавы, м	75,6	65,8
Суммарная длина вынутых за неделю полос угля, м	32 500	29 100
Сменная производительность труда рабочего по лаве, т	308,59	73,21
Выемочный комбайн	Комбайн с двумя регулирующими по высоте шнековыми исполнительными органами фирмы «Андерсон Стресклайд» с приводом мощностью 200 кВт	Комбайн «Трепанер» повышенной надежности фирмы «Андерсон Стресклайд» с приводом мощностью 200 кВт
Механизированная крепь	Четырехстоечная кустовая крепь щитового типа фирмы «Даути», с рабочим сопротивлением 450 кН, работающая по принципу поддержания кровли непосредственно вслед за проходом комбайна	Такая же крепь, но с рабочим сопротивлением 280 кН
Конвейер	Скребок-конвейер повышенной надежности, с боковой разгрузкой, диаметр прутка — 26 мм (фирма «Майнинг сэплайз»)	Скребок-конвейер фирмы «Даути меко», диаметр прутка цепи — 22 мм

ризующие технологические особенности и показатели работы двух лав с разным порядком отработки на шахте «Доул милл».

Эффективность применения обратного порядка отработки подтверждается рекордными данными (табл. 9) по шахтам

«Торсби» и «Силверхилл», разрабатывающим пласты одинаковой мощности в сходных условиях.

Однако капиталовложения на строительство новых горных предприятий и модернизацию действующих шахт корпорации «Бритиш коул», как считают английские специалисты, окупятся только при условии нового режима работы шахт. В настоящее время добыча угля ведется в течение 233 дней в году, но специалисты предлагают увеличить число рабочих дней до 300 и шахтерам работать в четырехнедельном режиме (три шестидневные рабочие недели и одна нерабочая). При этом суммарное рабочее время шахтеров остается прежним, а годовое время работы оборудования увеличится на треть. Однако принятие такого решения зависит от профсоюза горняков.

Проводимая в ФРГ в течение многих лет политика сбалансированной загрузки производственных мощностей в зависимости от уровня спроса на перспективу при одновременной концентрации производства мощных крупных комплексов дала положительные результаты — среднесуточная добыча товарного угля на шахту превысила 11 тыс. т. Все шахты характеризуются высоким уровнем рационализации и экологичности. Однако при современном низком уровне цен на энергетическое сырье на мировом рынке ни одну из каменноугольных шахт ФРГ нельзя признать конкурентоспособной. Поэтому сокращение производственных мощностей будет проводиться путем дальнейшего объединения шахт. Так, в Саарском бассейне до 1995 г. будут объединены поля трех шахт — «Реден» (суточная добыча 5900 т), «Гёттельборн» (8400 т) и «Кампхаузен» (2900 т) — в одну со среднесуточной мощностью 12 тыс. т, т. е. сокращение суточной мощности составит около 5000 т. Будет сохранена поверхность шахты «Гёттельборн», где намечено пройти новый ствол, что позволит сконцентрировать подъем и обогащение угля на центральном комплексе. Стволы шахт «Реден» и «Кампхаузен» переоборудуются во фланговые для спуска-подъема людей и выполнения вспомогательных работ. Шахтные поля примыкают друг к другу, промышленные запасы в 350 млн т на глубине до 1000 м обеспечат длительный срок эксплуатации объединенной шахты, а дополнительные расходы на реализацию проекта окупятся за счет снижения эксплуатационных расходов.

Происходящее в ФРГ перемещение добычи к северу связано не с наращиванием добычи, а с заменой отрабатываемых месторождений. Для этого разработан так называемый вариант примыкающих шахт. Угольные поля в северных районах будут вскрываться подземными транспортными магистралями на расстоянии 20—30 км от старых стволов и обогатительных фабрик. Таким образом будут сохранены существующие мощности по подъему и обогащению угля. На присоединяемых участках будут пройдены новые стволы только для спуска-подъема людей и

проветривания. Этажность зданий на поверхности таких стволов ограничена по экологическим соображениям, в здании же расположены административно-бытовой комбинат и стоянка для машин. Так, на шахте «Вальзум» в 1988 г. пройден ствол «Ферден», по которому ежедневно производится спуск-подъем 500 человек с последующей доставкой их пневмоколесным транспортом на расстояние 3 км к участкам шахты.

Размеры шахтных полей в ФРГ достигают 20 км<sup>2</sup>, расстояние между горизонтами — от 80 до 200 м (максимально 260 м). Запасы угля на одном горизонте (6 км<sup>2</sup>) — 10—25 млн т, срок службы горизонта — 10—25 лет.

В Австралии действуют 95 шахт со среднегодовой добычей 570 тыс. т, т. е. в стране преобладают шахты средней мощности. В связи с благоприятными горно-геологическими и горно-техническими условиями (небольшая глубина разработки, вскрытие шахт штольнями, камерно-столбовая и камерная системы разработки) сроки строительства шахт небольшие. В последние годы в связи с ростом добычи угля в Австралии рассматривается большое число проектов строительства новых угледобывающих предприятий, однако окончательное решение об их осуществлении зависит от дальнейшего развития спроса на уголь на мировом рынке тепловых ресурсов. Самая крупная шахта Австралии «Маура» № 4 добывает 2,28 млн т угля в год.

Основу шахтного фонда ЮАР составляют крупные шахты: 11 предприятий (27% числа шахт и более 70% добычи) имеют годовую мощность свыше 3 млн т. Страна располагает необходимыми техническими и финансовыми ресурсами для освоения в короткие сроки угольных месторождений и строительства угледобывающих предприятий.

До 1956 г. угольная промышленность Индии находилась в ведении частных компаний, что в значительной мере предопределяло структуру шахтного фонда страны. В те годы действовало более 1200 шахт со среднесуточной добычей около 600 т. После национализации угольной промышленности число угольных предприятий сократилось до 400 (в том числе 22 с годовой добычей более 500 тыс. т). В компании «Коул Индия», дающей 88% добычи угля страны, действуют 327 шахт и разрезов, из них две шахты «Судамдих» и «Монидих» (самые крупные в стране) добывают 6000 и 7000 т в сутки. Однако очень большой процент добычи из 138 мелких шахт (по 200 тыс. т угля в год) обуславливает невысокую среднюю мощность шахты по стране.

В Индии принят план реконструкции и развития фонда угледобывающих предприятий с увеличением их мощности, предусматривающий внедрение механизации и переход на системы разработки с длинными очистными забоями, оснащенными соответствующей техникой.

В табл. 10 приведены некоторые горнотехнические и технико-экономические показатели ряда крупных шахт мира.

Показатели по некоторым шахтам мира

Таблица 10

Показатели и оборудование	ФРГ			Польша			Великобритания «Сезби»
	«Вальзрум»	«Нидерберг»	«Энсдорф»	«Пяст»	«Земовит»	«Будрык»	
Мощность: годовая, тыс. т товарного угля	3150	2800	3094	7600	8100	6000 (про- ект) — 2 блока	10 000 (про- ект) — 5 блоков
Суточная, т товарного угля	12 000— 13 000	11 515	12 400	25 000	27 000	20 000	34 000
Число рабочих пластов	2		5	8		23	5
Средняя мощность разрабатываемых пластов, м	1,8	0,9	3,05	1,1—7,4	2,65	0,7—2,0	0,75—3,25
Угол падения пластов, град	<18	<25	Пологое залегание	Пологое залегание	2—6	4—7	3
Вскрытие, подъем	2 верти- кальных ствола	Верти- кальные стволы	Наклонные стволы	Вертикальные стволы		6 вертикаль- ных стволы	10 вертикаль- ных и 2 наклонных ствола
Глубина разработки, м	700	600—800	608	—	—	1100	400—1300
Число лав	4 (+1 ре- зервная)	6	3	—	15—16	17	20
Длина лавы, м	250	251	232	—	—	—	100—250

Крепь в лаве, выемоч- ная машина	Щитовая крепь, комбайн EDW- 3001W	Механизми- рованная крепь, струг	Механизмированная крепь	Механизми- рованная крепь «Фа- зос», ком- байн KWVB-2	Механизмированная крепь
Нагрузка на лаву, т/сут	3000	1678	—	3583	800—2000
Механизация горно- подготовительных работ	Проходчес- кий ком- байн, при БВР — 6у- ровая ка- ретка, по- грузчик, полок	Проходчес- кие комбай- ны АМ-50, Е-169, EVA-160, «Роботер», нарезной комбайн «Хелекс»	Проходческие комбайны	Проходчес- кие комбайны АМ-50, ПК-9р, 4ПП-2	—
Объем проведения вы- работок, м/год	16 500	23 000	—	—	—
Численность рабочих по добыче	3400	3144	—	—	—
Транспорт по главным выработкам	—	Дизель- возы, конвейеры	Конвейерный и локомотивный	—	—

# КАРЬЕРНЫЙ ФОНД

На добычу открытым способом приходится 48% мировой добычи угля. За последние 15 лет доля этого способа увеличилась практически непрерывно почти во всех странах. Так, за 1980—1990 гг. добыча угля открытым способом в 10 ведущих капиталистических угледобывающих странах возросла на 17,9%.

В ФРГ, ЧСФР, Болгарии и Венгрии открытым способом добывается бурый уголь при небольшом коэффициенте вскрыши, в США, Канаде, Австралии, КНР и Индии разрезами ведется разработка как каменноугольных, так и буроугольных месторождений, в Великобритании и ЮАР добывается только каменный уголь. Открытый способ добычи бурого угля отличается высоким уровнем концентрации производства. В ФРГ на трех разрезах Рейнского бассейна добывается 88% угля, в ЧСФР и Польше весь объем добычи сосредоточен на семи и пяти разрезах соответственно. Каменноугольные разрезы характеризуются меньшей мощностью. В США, где они преобладают, максимальная мощность разреза составляет 21 млн т, а среднегодовая — менее 3 млн т, в Австралии максимальная мощность каменноугольного разреза — 7,5 млн т, в ЮАР — 9 млн т.

Наиболее крупными разрезами (производственная мощность, млн т) являются: в ФРГ — «Фортуна» (40), «Гарцвайлер» (30), «Вельцов-зюд» (30), «Цукунфтиден» (23), в США — «Блэк тандер» (21,1); в ЮАР — «Ритспрейт» (9); в Австралии — «Пикдаунс» (7,4); в КНР — «Антайбао» (15,5 по проекту).

В основных угледобывающих странах Европы сохраняется тенденция сооружения мощных разрезов. В США среднегодовая мощность разреза составляет менее 200 тыс. т, что связано с большим числом мелких разрезов (более 25 500). На восьми крупнейших разрезах США добыча превышает 10 млн т.

В ФРГ число разрезов сократилось до 12 (1985 г. — 18) в связи с объединением более мелких в крупные, а также с закрытием отработанных. Годовая нагрузка на разрез возросла в 1,4 раза и равна 9071 тыс. т.

В табл. 11 приведены показатели, характеризующие условия, в которых работают угольные разрезы некоторых стран.

Характерные особенности наиболее крупных угольных разрезов ФРГ и Польши представлены ниже.

Разрез «Аншвальде» (ФРГ) разрабатывает буроугольный пласт сложного строения общей мощностью 11,5 м, разделенный на три пачки двумя прослойками мощностью по 2,5 м. Мощность пород — 65 м. Коэффициент вскрыши — 3,79 м³/т. Месторождение сильно обводнено (6 водоносных слоев). В год откачивается 88,3 млн м³ воды. Поверхность угольного поля — пологоволнистая. Вскрышные породы состоят преимущественно из песка, глин и валунной мергелистой глины. Месторождение характеризуется сложными условиями залегания

Таблица 11  
Условия и показатели добычи угля открытым способом

Показатели	США	ФРГ	Польша	ЧСФР	Бывшая ГДР
Добыча, млн т товарного угля	518,2	108,6	74,5	86,3	310,3
Доля добычи открытым способом в общей добыче, %	60	57,3	27,8	69,8	100
Число разрезов	1452	12	5	7	38
Годовая мощность разреза, тыс. т товарного угля	200	6850	11 600	12 900	8166
Доля добычи каменного и бурого угля, %	Каменный — 90, бурый — 10 0,8—14,0 (средняя 4,2) Часто подлежат разработке 2—3 сближенных пласта и более	Бурый — 100 10—60 Угольные пласты имеют нарушения	Бурый — 100	Бурый — 100	Бурый — 100
Мощность пластов, м			6—55	15—30	8—15
Залегание пластов	Горизонтальное				Горизонтальное 4,5
Коэффициент вскрыши, м³/т	12,7	3,7	4,1	2,8	
Буровзрывные работы по вскрыше	Практически весь объем вскрыши и каменного угля	Не применяются	Практически не применяются	Не применяются	
Доля добычи многочерпаковыми экскаваторами, %	Незначительная	100	100	92,7	100
Доля объема вскрыши по видам транспортирования, %:					
автомобильный	10	0,13	—	2,2	—
железнодорожный	—	0,15	—	24,8	19,4
бестранспортная	90	0,02	—	1,0	2,0
транспортно-отвальные мосты	—	—	100	—	49,6
с конвейерным транспортом	—	99,7	12,6	72,0	29,0
Сменная производительность труда рабочего, т	41,48	81,15		14,7	31,0



ния. Климатические условия умеренные: среднегодовая температура  $+8,8^{\circ}\text{C}$ , среднее количество осадков — 554 мм/год.

Способ разработки: выемка с веерным и параллельным подвиганием фронта работ. Для транспортирования вскрыши на передовом уступе проложены железнодорожные пути (ширина колеи 1435 мм, электровозы — 100 т, породные вагоны — 40 м<sup>3</sup>); на следующем уступе установлен транспортно-отвальный мост F 60 (расстояние между опорами 272 м, высота черпания — 60 м), пропускная способность магистрального конвейера — 36 000 м<sup>3</sup>/ч взрыхленной породы, три многочерпаковых экскаватора Es 3750. Выемка угля производится роторными экскаваторами SRs 1000, SRs 1300 и SRs 1400. Средняя длина уступов — 3,4 км.

Объем вскрыши составляет 88,8 млн м<sup>3</sup>/год, добычи угля — 23,4 млн т/год. Производительность труда — 67,4 т/чел.-смену. Разрез сдан в эксплуатацию в 1976 г. и будет работать до 2000 г.

Разрез «Нохтен» (ФРГ) с 1973 г. разрабатывает буроголовый пласт мощностью 11 м. Толща пород вскрыши — 59 м. Коэффициент вскрыши — 4,52 м<sup>3</sup>/т. Объем откачиваемой воды — 158,4 млн м<sup>3</sup>/год. Для осушения сооружены фильтрационные колодцы. Климат умеренный, среднегодовая температура  $+8,8^{\circ}\text{C}$ , количество осадков — 578 мм/год.

Способ разработки: выемка с веерным и параллельным подвиганием фронта работ. На передовом уступе проложены конвейеры общей длиной 15,6 км (ширина ленты — 2000 мм, скорость движения ленты — 5,86 м/с). Разработка вскрышных пород ведется с применением транспортно-отвального моста F60 тремя многочерпаковыми экскаваторами Es3150. На выемке угля работают роторные экскаваторы SRs1300 и многочерпаковые — ERs710. Уголь транспортируется по системе из девяти ленточных конвейеров общей длиной 5,1 км (ширина ленты — 2000 мм, скорость движения ленты — 5,86 м/с). Средняя длина уступов — 4,2 км.

Объем вскрыши составляет 142,4 млн м<sup>3</sup>/год, добычи угля — 31,5 млн т/год. Производительность труда — 82,7 т/чел.-смену. Срок эксплуатации разреза — до 2000 г.

Разрез «Вельцов-зюд» (ФРГ) сдан в эксплуатацию в 1968 г. и разрабатывает почти горизонтальный буроголовый пласт мощностью 12,5 м, залегающий под толщей вскрышных пород мощностью 84 м. Эндогенные тектонические элементы приводят к нарушению залегания в виде разломов и флексур. Годовой приток воды — около 150 млн м<sup>3</sup>. Коэффициент вскрыши — 6,31 м<sup>3</sup>/т. Климат влажно-умеренный, среднегодовая температура  $+8,8^{\circ}\text{C}$ , количество осадков — 578 мм/год.

Способ разработки с 1991 г.: выемка с параллельным подвиганием фронта работ. На передовом уступе вскрышные породы вынимаются роторными экскаваторами SRs2400, SRs6300

и транспортируются 13 ленточными конвейерами общей длиной 17 км (ширина ленты — 2000, 2250 и 2500 мм; скорость движения ленты — 5,24 м/с). На следующем уступе разработка вскрыши ведется транспортно-отвальным мостом F60 (расстояние между опорами главного моста — 272,5 м; подающего моста — 150 м; высота черпания — 60 м; производительность магистрального конвейера — 25 600 м<sup>3</sup>/ч рыхлой породы), а также тремя многочерпаковыми экскаваторами Es 3150. Средняя длина вскрышного уступа — 3,8 км. На выемке угля используются экскаваторы SRs 630/800, SRs 1301, SRs 710, SRs 1400 и SRs 1500. Добытый уголь транспортируется 17 ленточными конвейерами общей длиной 14 км (ширина лент — 1600, 1800 и 2000 мм, скорость движения лент — 5,24 и 6 м/с). Средняя длина угольного уступа — 5 км.

Объем вскрыши составляет 181,8 млн м<sup>3</sup>/год, добычи угля — 28,8 млн т/год. Производительность труда — 41,9 т/чел.-смену.

Разрез «Фортун» (ФРГ). Годовая добыча бурого угля 40 млн т (максимальная — 46,1 млн т — была достигнута в 1983 г.). Общая мощность отрабатываемых угольных пластов — 70 м. В зонах тектонических нарушений угол падения пласта достигает  $22^{\circ}$ . Выемка низко- и высокозольных участков угольного пласта производится селективно. Мощность покрывающих пород — 25—280 м. Средний коэффициент вскрыши — 4,1 м<sup>3</sup>/т. Глубина разреза — около 300 м. На вскрыше и добыче работают семь роторных экскаваторов, пять из которых имеют производительность по 100 тыс. т/сут и два — по 240 тыс. т/сут. Перемещение породы (190 млн м<sup>3</sup>/год) и угля осуществляется конвейерами (ширина лент — 2200 и 3000 мм, скорость движения лент — 5,2 и 6 м/с). Протяженность конвейерных линий — 50 км. Для укладки породы в отвалы применяются консольные ленточные отвалообразователи. Кроме основного, на разрезе применяется вспомогательное оборудование: планировочные машины, ковшовые погрузчики, очистители для конвейерных лент, передвижки для конвейеров и др.

Производительность труда рабочего по добыче — 88 т/чел.-смену.

Разрез «Белхатув» (Польша) сдан в эксплуатацию в 1980 г. и будет работать до 2035 г.

Динамика показателей за 1980—2000 гг.

	1980 г.	1985 г.	1990 г.	1995 г.	2000 г.
Объем вскрыши, млн м <sup>3</sup> . .	58,2	113,9	80,4	65	60
Добыча угля, млн т . .	4,0	18,0	38,5	38	35

Месторождение представлено одним буроголовым пластом мощностью 54,4 м, расслоенным в районе тектонических сбросов. Мощность вскрыши — 141 м. Коэффициент вскрыши про-

мышленный — 33 м<sup>3</sup>/т. Породы вскрыши представлены песками и гравием — 65,7%, глинами — 7,5%, алевролитами — 8,6%, илами — 12,2%. Труднодобываемые породы составляют 5%, средней податливости разрушению — 35%, легко поддающиеся — 60%.

С точки зрения технологии работ месторождение одно из наиболее сложных. Разработка ведется одним фронтом, параллельной системой. Всего работают 11 экскаваторов (9 роторных и 2 цепных), а также 5 отвалообразователей. Применяется система машин с реверсией на распределительной установке вскрышных пород и угля на восьми линиях и в одной моноблочной линии. Вскрыша снимается четырьмя роторными экскаваторами, а уголь добывается пятью роторными и двумя цепными экскаваторами, которые установлены на девяти рабочих уступах. Вскрышные экскаваторы SchRs 4000 и SchRs 4600 имеют производительность по 100 тыс. м<sup>3</sup>/сут. Выемка угля ведется роторными экскаваторами SRs 2000 и многочерпаковыми ERs 710.

Для транспортирования вскрыши и угля, доставляемого на электростанцию, установлены ленточные конвейеры (ширина лент на вскрыше — 2250 мм, для угля — 1800 мм). Транспортная система состоит из 133 конвейеров. Конвейеры всех линий выведены из разреза по одному наклонному спуску.

Внешнее отвалообразование ведется по параллельной схеме с помощью отвалообразователей ARsB 12 500 и ARsB 15 400. В конечной фазе работы разреза будет введена веерная система.

## ДОБЫЧА УГЛЯ ПОДЗЕМНЫМ СПОСОБОМ

### ГОРНО-ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫЕ РАБОТЫ

За последние 10—15 лет на шахтах Европы наблюдается тенденция сокращения объема проведения выработок, главным образом за счет концентрации горных работ, применения рациональных схем вскрытия и подготовки шахтных полей, своевременной реконструкции и подготовки новых горизонтов и других организационно-технических мероприятий. Так, удельный объем проведения выработок на 1000 т добываемого угля на шахтах ФРГ снизился с 8,8 до 6,4 м, на шахтах Польши — с 13,9 до 8,0 м.

Постоянно увеличивалась площадь поперечного сечения проводимых выработок, что было обусловлено бесцеликовой отработкой пластов и позволило решить вопросы безнишевой выемки угля в лавах, конвейеризации и использования монорельсового транспорта, сокращения затрат на ремонт и содержание выработок, улучшения условий вентиляции с переходом на глу-

бокие горизонты. Так, в ФРГ площадь поперечного сечения выработок по пласту (в проходке) с 1975 по 1990 г. увеличилась с 18 до 20 м<sup>2</sup> и более, выработок по породе — с 22 до 28 м<sup>2</sup>. В Великобритании выработки основных направлений проводятся с площадью поперечного сечения 16—18 м<sup>2</sup>, в Польше и ЧСФР — порядка 17 м<sup>2</sup>. В перспективе ожидается дальнейшее увеличение сечений выработок.

Комбайновый способ проведения подготовительных выработок является основным в Великобритании (более 85%), Польше (60%) и США. Буровзрывной способ проведения выработок в основных угледобывающих странах занимает еще значительное место в общем объеме подготовительных работ — от 20 до 60%.

### *Комбайновый способ проведения горных выработок*

Современные проходческие комбайны выпускаются двух типов: бурового и избирательного действия.

Считается, что конструктивные схемы комбайнов бурового действия вполне сформировались, в то время как в конструировании комбайнов избирательного действия поиски продолжаются. Большинство таких комбайнов оснащено поперечно-или продольно-режущими головками на телескопической стреле. В последнее время внедряются также проходческие комбайны с мощной головкой ударно-скалывающего действия.

Наиболее производительные проходческие комбайны могут применяться для проведения выработок практически при любых типах карбоновых пород, за исключением пород высокой крепости и абразивности.

На шахтах западно-европейских и других стран широко применяются проходческие комбайны на гусеничном ходу избирательного действия.

**ФРГ.** Большую гамму проходческих комбайнов избирательного действия — от легких (массой от 25 т) до тяжелых (массой до 120 т) — выпускают в ФРГ. На шахтах этой страны ежегодно находится в эксплуатации более 90 проходческих комбайнов избирательного действия со стреловидным исполнительным органом и более 35 — с ударным исполнительным органом. Среднесуточная скорость проведения горизонтальных выработок составляет 5—6 м.

Фирма «Эйкгофф-Атлас Копко» изготавливает комбайны избирательного действия, которые эксплуатируются во многих странах мира (табл. 12).

Эта фирма выпускает комбайны с мощностью привода от 100

до 400 кВт с двумя типами рабочих органов. Машины с аксиальным расположением режущей головки отличаются более высокой производительностью при работе по мягким породам.

Таблица 12

Технические характеристики комбайна фирмы  
«Эйкгофф—Атлас Копко»

Комбайн	Мощность привода исполнительного органа, кВт	Установленная мощность двигателя, кВт	Масса, м	Габариты, мм	Размах стрелы, мм		
					ширина	высота	ниже уровня почвы
<i>Серия ET-100</i>							
ET-110	110	190	27	7600×1900 ×1490	5 400	4000	175
ET-120	132	212	29	7660×1900 ×1490	5 400	4000	175
ET-150	110	190	32	8500×1900 ×1700	5 850	4650	175
ET-170	132	212	34	8650×1900 ×1700	5 850	4650	175
<i>Серия ET-200</i>							
ET-210	200	350	52	9800×2800 ×1750	7 100	4700	210
ET-250	200	350	55	11000×2800 ×2500	7 600	5500	210
<i>Серия ET-300</i>							
ET-310	200	380	78	13700×3200 ×1890	7 500	4800	200
ET-330	250	430	85	16400×3200 ×1890	7 700	5000	250
ET-350	200	380	90	17500×3200 ×3000	8 500	7000	200
ET-380	200	380	95	17500×3200 ×3000	9 800	7450	1000
<i>Серия ET-400</i>							
ET-410	300	470	97	15000×8400 ×2100	8 000	5300	250
ET-450	300	490	110	18000×3400 ×2550	10 300	7300	250

Комбайны с режущим органом поперечного типа чаще используются при работе по более крепким породам. Стрелы с шарнирным соединением, как правило, монтируются на машинах с поперечно расположенным рабочим органом, что позволяет обрабатывать забой с одной позиции машины без дополнительного перемещения. Машины этого типа могут работать при предварительно установленной крепи. Устраняется повреждение почвы выработки.

Наличие устройств для орошения забоя через основания резцов препятствует возникновению искр, снижает опасность

взрыва при скоплении метана, способствует подавлению пыли в забое.

Для удаления отбитой породы применяются погрузочные устройства различных типов. Во всех случаях горная масса поступает на платформу или жесткую плиту. Погрузочное устройство в виде дисков весьма эффективно при работе по породе. Оно отличается большой износостойкостью.

При широком фронте погрузки, кроме нагребавших лап различной конструкции, может быть применена погрузочная цепь, которая при наличии больших напорных усилий у комбайна собирает горную массу и от боков выработки, и непосредственно от забоя.

Сборный конвейер может быть коротким или удлиненным, иметь верхнее или нижнее расположение в зависимости от погрузки в вагонетки или непосредственно на конвейер.

Управление производится вручную при помощи гидроустройств или электрогидравлической системы, которая может быть сопряжена с лазерной установкой и системой управления на микропроцессорах для автоматического выдерживания направления, точного по размеру профиля выработки. По требованию заказчиков машина поставляется с системой дистанционного управления по кабелю или по радио. Может также поставляться диагностическая аппаратура для определения мест возникновения неисправностей. Центральная система смазки способствует существенному снижению износа деталей машин. Электрооборудование комбайнов выполнено во взрывобезопасном исполнении, охлаждение электродвигателей воздушное. Машины часто оснащаются бурильной установкой, рабочей платформой для установки крепи, а также пылеулавливающим устройством.

При использовании комбайнов фирмы «Эйкгофф—Атлас Копко» достигнуты высокие показатели при проведении выработок. На шахте «София Якоба» (ФРГ) комбайном ET-110 массой 25—30 т с погрузочной платформой шириной 3,2 м достигнута скорость проведения выработки 17 м/сут при ширине 4,8 м и высоте 3,5 м (площадь поперечного сечения 13 м²). Выработка проводилась по углю и сланцу. На другой шахте комбайном ET-300 с шарнирной стрелой была проведена выработка по угольному пласту мощностью 1,8 м с максимальной скоростью 22 м/сут.

Фирма «Паурат» (ФРГ) выпускает комбайны (табл. 13) с мощностью привода исполнительного органа до 400 кВт, из них комбайны E-134, предназначенные для проведения выработок среднего сечения, и E-169 — для выработок малого сечения.

Основой рабочего органа проходческих комбайнов фирмы «Паурат» является стальная труба повышенной прочности, на которой расположен рабочий орган в виде шнека, армированный резцами со вставками из карбида вольфрама. На комбай-

Таблица 13

## Технические характеристики комбайнов фирмы «Паурат»

Комбайн	Мощность привода исполнительного органа, кВт	Установленная мощность двигателей, кВт	Масса, т	Габариты, мм	Размах стрелы, мм		
					ширина	высота	ниже уровня почвы
E-301	135	257	40	—	—	4315	190
E-169	140	225	44	10500×2400×1900	5600	4450	190
E-195	170	263	45	13295×2400×1865	5900	4200	150
E-295	400	507	69	12730×2750×1850	5200	4100	200
E-208	150/300	363	72	11730×3200×3120	7000	7300	240
E-230	2×140	400	75	12500×2750×1480	8000	3500	150
E-134	115/230	353	76	12280×3050×2150	7200	4835	270
E-206	150/300	422	83	12780×3050×3120	7000	7000	240
E-250	135/270	390	87	1350×2150×1900	8000	5250	350
E-200	175/350	512/520	110	13600×3600×2685	7600	6000	250
E-242	150/300	470	120	16600×3600×3940	8960	7600	1060

нах применены электродвигатели с водяным охлаждением. Погрузка породы, как правило, осуществляется нагребающими лапами, которые подают породу на центральный двухцепной конвейер.

Комбайн с установкой для анкерной крепи E-230 фирмы «Паурат» тяжелого типа массой 70 т имеет барабанный исполнительный орган шнекового типа «Геликс», выполненный по схеме геликоидальной спирали. Высота машины (1,48 м) позволяет применять ее в выработках небольшой высоты. Исполнительный орган длиной 4,05 м приводится в действие двумя двигателями с водяным охлаждением мощностью по 140 кВт через эпициклические редукторы. Каждый из внешних барабанов исполнительного органа наклонен вперед для обеспечения непрерывной линии резания в месте нахождения редукторов. Крайние барабаны могут смещаться в направлении центральной оси комбайна на 150 мм, обеспечивая свободный обратный ход машины при проведении выработки на всю ширину за один проход.

Проходческий комбайн E-230 работает длительное время на шахте «Россенрай» (ФРГ) на пласте мощностью 2,5 м. Им пройдено 4000 м выработок со средней скоростью 11,8 м/сут (максимальная скорость 14 м/сут). Машина оснащена системой пылеподавления «Турбофильтр».

Фирма «Зальцгиттер» (ФРГ) выпускает проходческие комбайны типа STM (табл. 14).

Комбайн STM 200 массой 75 т предназначен для проведения штреков арочного и прямоугольного сечения площадью 40 м<sup>2</sup>. Мощность электродвигателя исполнительного органа 200 кВт.

Таблица 14

## Технические характеристики комбайнов фирмы «Зальцгиттер»

Показатели	STM 100	STM 160	STM 160H	STM 200	STM 300
Выработка:					
высота, мм	4000	4 200	5 000	5 500	6 100
ширина, мм	5200	6 200	6 900	7 500	7 500
подъем, град	16	16	16	16	16
уклон, град	18	18	18	16	16
прочность пород, МПа, не более	80	100	100	120	120
Комбайн:					
длина, мм	8800	11 000	11 000	11 750	14 000
ширина по гусеницам, мм	2140	2 660	3 150	3 100	3 500
ширина по питателю, мм	2240—3200	2 600—5 900	2 600—5 900	2 800—5 900	3 000—5 200
высота, мм	1400	1 400	1 770	2 000	2 500—4 000
клиреис, мм	220	220	220	350	350
масса, т	28	45	50	75	120
общая мощность привода, кВт	200 (232)	290	290	330	509
Исполнительный орган:					
диаметр, мм	760	1 000	1 000	1 140	1 200
окружная скорость, м/с	3,2	3,14	3,14	3	3,14
Гусеничный ходовой механизм:					
длина по осям, мм	2160	2 710	2 710	3 075	3 400
ширина трака, мм	400/500	600	600	700	700
скорость, м/мин	10	10	10	8	8
удельное давление, МПа	0,15/0,12	0,13	0,15	0,16	0,18
Погрузочный узел:					
ширина питателя, мм	2100—3200	2 600—5 900	2 600—5 900	2 600—5 900	3 000—5 200
Конвейер:					
ширина ленты, мм	650	760	760	760	760
скорость движения ленты, м/с	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
производительность, м <sup>3</sup> /ч	250	300	300	300	300
высота разгрузки, мм	1000—1500	1 000—2 200	1 500—2 200	1 200—2 500	3 250
Мощность двигателей, кВт:					
исполнительного органа	100 или 132	160	160	200	315
маслостанции конвейера	100	100	100	100	2×75
Напряжение (50 Гц), В	—	2×15	2×15	2×15	2×22
Гидропривод:					
давление, МПа	1000 или 500	1000 или 500	1000 или 500	1000 или 500	1 000
подача, л/мин	160	160	160	180	180
	250	300	300	350	450

Показатели	STM 100	STM 160	STM 160H	STM 200	STM 300
емкость бака, л тип рабочей жидкости	1000	1 200	800	1 200	900
Перегрузатель:	Минеральное масло				
ширина ленты, мм	650	800	800	800	1 000
длина, мм	5500	5 500	5 500	5 500	5 500
скорость, м/с	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
привод	Гидравлический или электрический				

Комбайн может быть смонтирован, демонтирован и перевезен на другое место без больших затрат. Имеется платформа для установки оборудования для возведения крепи.

Комбайны STM 160 массой 45 т и STM 100 массой 28 т с приводом исполнительного органа мощностью соответственно 160 и 100 кВт смонтированы на гусеничной ходовой части с индивидуальным приводом каждой гусеницы от гидродвигателя, угловой планетарной передачи и приводной звездочки. Автоматический пружинный многодисковый тормоз ходовой части при включении рукояток управления ходовой частью автоматически размыкается. В передней части рамы смонтирована поворотная опора стрелы комбайна. В средней части рамы размещен цепной конвейер, а впереди установлен погрузочный стол, который может подниматься и опускаться с помощью гидроцилиндров. В хвостовой части рамы расположена кабина управления, электрическая и гидравлическая системы. На задней стенке хвостовой части рамы может устанавливаться мостовой перегружатель. Внутри стрелы коробчатой конструкции, которая посредством двух гидроцилиндров может подниматься и опускаться, расположен электродвигатель для привода поперечно-осевой резцовой коронки.

По запросу заказчика комбайны типа STM могут оснащаться крепеустановщиком, рабочим полком, устройством для бурения шпуров под анкерные болты и для их установки, передаточным конвейером (мостовым перегружателем), устройствами для фронтального распора, гидравлического расширения погрузочного стола и др.

Низкое расположение центра тяжести, обусловленное плоской конструкцией машин, обеспечивает устойчивость комбайна при работе в крепких и однородных породах без бокового распора.

Узлы комбайнов сконструированы по блочному принципу. Низкая конструкция и платформообразная верхняя часть комбайнов позволяют устанавливать вспомогательные устройства.

Технические характеристики комбайнов фирмы «Вестфалия Люнен»

Комбайн	Мощность привода исполнительного органа, кВт	Установленная мощность двигателей, кВт	Масса, т	Максимальная высота резания, м	Ширина резания (с одной позиции), м	Давление на почву, МПа	Транспортная скорость, м/мин
WF-40	37	70	9	3,8	4,1	0,1	0,6
B-110	110	200	25	4,1	6	0,1	0,6—1,8
WAV-130	130	250	32	4,2	5	0,15	0,6—1,2
WAV-170	200	300	56	5,4	4,3—4,8	0,17	0,45—1,60
WAV-178/ /300	300	437	73	7,7	8,9	0,16	0,3
WAV-178/ /200	200	337	73	7,1	8,3	0,16	0,3
WAV-300	300	470	90	5,4	7,9	0,16	0,3

Технические характеристики комбайнов фирмы «Вестфалия Люнен» (ФРГ) приведены в табл. 15 (рис. 1).

Комбайн WAV-130 может быть оснащен как поперечно-расположенной, так и продольно-режущей головкой. Он предназначен для проведения выработок по породе с сопротивлением сжатию до 100 Н/мм<sup>2</sup>. Новый комбайн избирательного действия WAV-178/300 с приводом исполнительного органа мощностью 300 кВт предназначен для проведения тоннелей и выработок большого сечения и, не меняя позиции, может осуществлять разрушение забоя на высоту до 6100 мм, а благодаря шарнирной конструкции рукояти углубляться в кровлю выработки на 380 мм.

Комбайн WAV-200 со щитом «Мессершильд» оснащен системой управления фирмы «Ибинг». Ориентация щита производится по лучу лазера с помощью обратного визирования, поскольку комбайн закреплен жестко относительно рамы щита. Для регистрации положения исполнительного органа относительно щита во время резания используются четыре датчика: подъема-опускания, поворота (фотоэлектрические), наклона и подачи (потенциометрические). Программное управление осуществ-

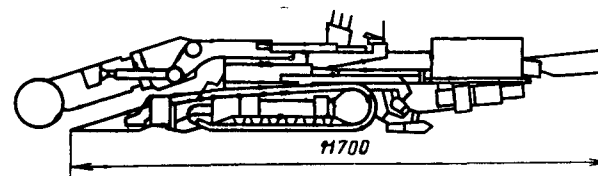


Рис. 1. Проходческий комбайн WAV-300 фирмы «Вестфалия Люнен»

является процессором 6800 фирмы «Моторола». Для визуального контроля за перемещением исполнительного органа предусмотрен дисплей (размер экрана 150×150 мм) на пульте управления. В микропроцессор при оконтуривании проектного профиля вводится эталонный профиль. После завершения цикла и подвигания на 800 мм комбайн отводится на 600 мм от забоя, чтобы можно было передвинуть щит. Предусмотрена возможность передачи информации с помощью системы телемеханики TF-200 фирмы «Функе унд Хустер». Стоимость средств автоматизации 700 тыс. немецких марок.

Испытания показали, что средства автоматизации можно применять только при достаточно эффективных средствах обеспыливания, обеспечивающих устойчивое прохождение лазерного луча.

Фирма «Клэкер Бекорит» выпускает проходческие комбайны различного типа, в том числе машины с рабочим органом ударного действия как на колесном, так и на гусеничном ходу. Погрузка осуществляется ковшом вместимостью 0,9 м³, расположенным на специальной стреле, устанавливаемой ниже рабочего органа, что позволяет проводить выработки большой высоты.

В отдельных модификациях проходческих комбайнов фирмы «Клэкер Бекорит» для погрузки и транспортирования отбитой породы используются криволинейные скребковые конвейеры.

При проведении протяженных горных выработок хорошие результаты показали проходческие комбайны и комплексы бурового действия. В сравнении с буровзрывной технологией этот способ позволяет увеличить подвигание забоя в 4 раза и более, а также повысить безопасность.

На шахтах ФРГ ежегодно эксплуатируются 6—8 буровых комбайнов; они не получили широкого распространения из-за высокой трудоемкости монтажно-демонтажных работ.

Проходческий комплекс с комбайном TV M60HA фирмы «Демаг» (ФРГ) был применен при проходке квершлага на шахте «Луизенталь», где на глубине около 1000 м комбайном пройдено 12 км выработок по песчаникам и песчанистым сланцам (табл. 16). Буровая головка комбайна собирается из нескольких модулей. Обслуживание и замена бурового инструмента производятся из безопасной зоны со стороны комбайна. Центральная часть буровой головки размером 0,8×1,2 м может открываться для аварийного высыпания буровой мелочи и для доставки рабочих инструментов к забою. Привод буровой головки имеет 6 электродвигателей мощностью по 110 кВт. Вспомогательный гидропривод позволяет удвоить вращающий момент, когда необходимо повернуть буровую головку при заклинивании. Комбайн оснащен приспособлением для установки кольцевой крепи. Крепь устанавливается на расстоянии 2 м от забоя. Процессы крепления и бурения осуществляются одновре-

менно. На комбайне устанавливается буровая стрела для бурения зондажных и нагнетательных скважин диаметром до 120 мм и глубиной до 100 м.

Таблица 16

Технические характеристики проходческих комплексов

Показатели	TVM60HA	TVM50M	TBSV-600	PS-18a
Фирма-изготовитель	«Демаг»	«Демаг»	«Вирт»	«Роббинс»
Страна	ФРГ	ФРГ	ФРГ	США
Диаметр рабочего органа, м	6	5,5	6	6
Крутящий момент, кН·м	1430	840	1466	—
Частота вращения головки, мин <sup>-1</sup>	4,4/0,4	5	4,3	5,50/2,78
Усилие подачи, кН	8140	4000	7845	7303
Число шарошек на буровой головке	42	40	44+1 (центральная)	42
Мощность электродвигателя буровой головки, кВт	6×110 и 5 вспомогательных гидромоторов	4×110	6×110	6×112
Устройство для распора	Торцевой щит и одна пара горизонтальных распорок		Две пары диагональных распорок	Торцевой щит и одна пара горизонтальных распорок
Транспорт отбитой породы от комплекса отбойной головки	Вагонетки Ленточный конвейер под комплексом	Ленточный конвейер	Вагонетки Ленточный конвейер внутри комплекса	
Скорость проходки, м/ч	1,5	1,25	1,25	1,4
Длина комбайна, м	10,5	7,5	15	15,2
Масса, т	285	165	250	230

Проходческим комплексом TVM50M проводили конвейерные штреки по пласту на шахте «Варндт» в Сааре, короткие выработки по породе, эксплуатационные штреки по углю с присечкой вмещающих пород. Для использования буровых комплексов при проведении выработок с арочной крепью за головкой комбайна размещены две фрезы. Среднесуточная скорость проведения выработки 10-м при креплении арочной крепью. Размеры комплекса TVM50M позволяют проводить выработки с малым радиусом закругления (50—70 м), а при работе комбайна TVM60HA радиус закругления не может быть менее 150 м.

Основной критерий эффективности применения буровых

комплексов — экономически целесообразная длина проходки. Для компактных комплексов TVM50M эта величина составляет 1000 м и более, а для мощных машин TVM55H или TVM60HA — свыше 3000 м.

Примеры использования комбайновых буровых комплексов фирмы «Демаг» на шахтах Германии и ЧСФР приведены в табл. 17.

Таблица 17

Объекты и показатели использования проходческих комплексов

Комплекс	Шахта	Длина проходки, м	Продолжительность проходки, мес
TVM65HA	«Хаус Аден»	5 640	7
TVM55H	«Геттельборн»	5 700	5
TVM55H	«Геттельборн»	9 300	6,5
TVM58/60H	«Проспер»	13 200	8
TVM58/60H	«Рейланд»	5 510	5,5
TVM58/60H	«Виктория»	4 230	5
TVM54-58/61H	То же	5 930	2*
TVM55H	Им. Чехословацкой армии	1 807	11**
TVM55H	То же	2 202	—

\* Общий демонтаж оборудования и консервация выработки.

\*\* Между первой и второй установками на рабочее место.

**Великобритания.** Комбайны, выпускаемые в Великобритании, отличаются от комбайнов производства фирм ФРГ меньшей массой и установленной мощностью приводов. Комбайны фирм «Андерсон Стресклайд» и «Доско оверсиз инжиниринг» получили широкое распространение на шахтах Великобритании, а также других стран (табл. 18).

Таблица 18

Технические характеристики комбайнов фирм «Андерсон Стресклайд» и «Доско оверсиз инжиниринг»

Комбайн	Масса, т	Мощность привода исполнительного органа, кВт	Установленная мощность двигателей, кВт	Максимальная высота резания, м	Ширина резания (с одной позиции), м	Давление, Па
---------	----------	--	--	--------------------------------	-------------------------------------	--------------

Фирма «Андерсон Стресклайд»

RH25	25,4	82	157	4,25	6	0,12
RH25	26	82	164	3,8	4,5	0,12
RH22	35	112	187	5,5/5,3	5,4/6,0	0,17
RH1/4	66	112	224	5	6	0,145
RH90	90	—	300	5	6	—

Окончание табл. 18

Комбайн	Масса, т	Мощность привода исполнительного органа, кВт	Установленная мощность двигателей, кВт	Максимальная высота резания, м	Ширина резания (с одной позиции), м	Давление, Па
---------	----------	--	--	--------------------------------	-------------------------------------	--------------

Фирма «Доско оверсиз инжиниринг»

MK2A	27,5	8,5	123,5	4,1	3—5,8	0,15
MD1000	28,5	60	135	4,2	2,7—5,7	0,12—0,16
MD1100	31,5	82	157	4,2	2,7—5,7	0,14—0,17
MD1200	33	82	164	4,1	2,0—4,3	0,15
MK-B	44	82	194	6	3,0—7,4	0,12
LH1300	44	142	254	4,1	3,2—5,6	0,15
HD1500	45,7	142	285	4,1	3,5—6,0	0,15
MK3	83	142	254	6	4,0—7,1	0,14
TB2000	76	119×2	424	3,3	4,0—7,1	0,19
TB3000	123	250×2	684	6	4,5—8,9	0,22

Фирма «Андерсон Стресклайд» в одной из последних своих моделей комбайнов RH25 применила модульную конструкцию узлов, а также двойную планетарную коробку передач. Вода под низким или высоким давлением подается через трубу-рукоять. Погрузочная цепь и гусеницы приводятся в действие от гидродвигателей. Машина с небольшим удельным давлением на почву имеет оптимальные габариты по высоте, обеспечивающие свободный доступ к верхней части выработки над комбайном. Перемещение стрелы, работа погрузочного органа, перемещение машины, транспортирование породы и работа насоса высокого давления обеспечиваются гидросистемой. Комбайн RH25 может быть преобразован в выемочную машину с режущим или стругающим исполнительным органом и использован в длинных забоях. Комбайн может быть также оснащен отвалом бульдозера, консолью и рядом устройств для навесного оборудования, в том числе для крепления выработок с целью частичного совмещения работ этого процесса с разрушением забоя. На угольной шахте «Литлон» с помощью комбайна RH25 была проведена выработка длиной 125 м за 5 дней при трехсменной работе.

Для проведения выработок и тоннелей высотой от 1,8 до 3,5 м создан комбайн RH251. Комбайн среднего типа RH22, оснащенный режущим исполнительным органом на телескопической стреле с двумя рабочими скоростями резания, используется при проведении горизонтальных выработок со слабыми породами почвы.

Проходческий комбайн тяжелого типа RH1/4, предназначенный для проведения породных выработок большого сечения, обладает большой маневренностью и может работать в выработках со слабыми почвами. На машине установлена телескопическая стрела; рабочий орган имеет две скорости резания. В комплект поставки машины могут входить: расположенные в



задней части машины мостовой конвейер; распорные домкраты, располагающиеся как в задней, так и в передней части машины; полок для установки крепи и трубопровод для удаления пыли.

Фирма «Андерсон Стресклайд» выпускает также режущие органы для проходческих щитов. Режущий орган, смонтированный на опоре, может перемещаться внутри щита; он подается на забой гидравлическими домкратами. Имеются платформа для сбора отбитой массы, система транспортирования и откидное перекрытие для защиты машины в случае обрушения кровли. Машина оснащена также крепеустановщиком и устройством для транспортирования крепежных элементов.

Фирма «Доско оверсиз инжиниринг» выпускает проходческие комбайны массой от 27,5 т (комбайн МК2А) до 123 т (комбайн ТВ3000). Последний имеет два рабочих органа. Усилия тяги и напоры составляют от 35 до 180 кН у МК2А и от 157 до 700 кН у ТВ3000. Все машины выпускаются на гусеничном ходу и могут работать при углах наклона до 14°. Погрузка может производиться с помощью цепи, звезды и нагребавших лап.

Новый тип проходческого комбайна СТМ5 предназначен для проведения выработок круглого сечения диаметром 5 м. Рабочий орган машины монтируется внутри щита. Двухсекционный щит позволяет устанавливать крепь в непосредственной близости от забоя. Рабочий орган комбайна монтируется на направляющей и работает независимо от щита. В процессе резания осуществляется распор машины о стенки выработки при помощи домкратов.

На базе проходческого комбайна LH1300 создана модификация HD1500, предназначенная для проведения выработок меньшей высоты. Этот тип машины отличается повышенной мощностью и наличием отдельного привода скребкового конвейера, предназначенного для уборки породы. На машине установлены два двигателя мощностью до 140 кВт.

На базе комбайна МК2А разработаны комбайны MD1000 и MD1100. Комбайн MD1000 оснащен центрально расположенным конвейером. Мощность привода рабочего органа увеличена до 60 кВт. У комбайна MD1000 она достигает 82 кВт. На обоих типах машин могут использоваться продольно и поперечно расположенные рабочие органы.

**США.** Если в европейских угледобывающих странах в связи со сложными горно-геологическими условиями угольных месторождений получили преимущественное распространение проходческие комбайны со стреловидным исполнительным органом, то в США при проведении подготовительных выработок широко используются комбайны для коротких забоев.

Штреки проводятся по углю преимущественно прямоугольного сечения с креплением анкерной крепью. Высокие скорости

проведения штреков достигаются благодаря применению комплексов оборудования, включающих комбайны для коротких забоев, маневренные самоходные вагонетки на пневмоколесном ходу грузоподъемностью до 120 т, машины для анкерования кровли. Обычно для подготовки длинной лавы проходят групповые выемочные штреки из трех-четырех выработок (исходя из условий вентиляции и необходимости создания аварийных выходов). При этом первостепенное значение имеют формы и размеры целиков, а также критическая ширина выработки.

Комбайны для коротких забоев фирмы «Джой» серии 12СМ позволяют довести среднесменную скорость проходки до 40 м и максимальную до 80 м.

Комбайн для коротких забоев 12СМ10-13АDSL фирмы «Джой» одновременно может производить отбойку, погрузку угля и установку анкерной крепи с помощью рычажного механизма зарубки. Гидравлически управляемый рычажный механизм позволяет рабочему органу зарубаться в пласт на расстояние 0,7 м без подачи комбайна к забою.

Система подготовки спаренными штреками позволяет повысить сменную производительность труда рабочего на 40% и более, так как в одиночном штреке короткозабойный комбайн, пока идет установка анкерной крепи, простаивает.

**Япония.** Фирмы «Касима Кэнсэцу» и «Мицуи Миике» разработали самоходный проходческий комбайн MRH-200 массой 50 т для проведения выработок большого сечения в породах средней крепости. Высота проводимой выработки 6 м, ширина 6,4 м, угол наклона  $\pm 15^\circ$ . Машина на гусеничном ходу имеет телескопическую стрелу с конусной отбойной головкой и два погрузочных конвейера. Привод — от двухскоростного электродвигателя.

#### Техническая характеристика комбайна MRH-200

Габариты, м . . . . .	1,5×3,6
Мощность электродвигателя, кВт . . . . .	220 или 110
Частота вращения отбойной головки, мин <sup>-1</sup> . . . . .	23/28 или 46/55
Раздвижность стрелы, м . . . . .	0,7
Усилие подачи, кН . . . . .	240
Крутящий момент резания, кН·м . . . . .	42
Мощность гидропривода, кВт . . . . .	60
Давление в гидросистеме, МПа . . . . .	21

В Японии также ведутся работы по созданию гидромеханических исполнительных органов проходческих комбайнов.

На одной из японских шахт при проведении штрека площадью поперечного сечения 20 м<sup>2</sup> в сланцах прочностью на сжатие 50—90 МПа испытывался агрегат с гидромеханическим исполнительным органом, который был оснащен 27 резцами и 24 насадками, формирующими струи воды давлением 70 МПа с расходом 72 л/мин. Общая мощность агрегата 336 кВт, мощ-



ность рабочего органа 112 кВт, масса агрегата 42 т. Скорость проведения по породе возросла почти в 2 раза, расход резцов сократился в среднем в 2 раза по сравнению с расходом при разрушении пород комбайном с механическим рабочим органом. Японский проходческий комбайн избирательного действия, оснащенный устройством для подвода высокоскоростных струй и ударным механизмом, расположенным на стреловидном исполнительном органе, позволяет вести комбинированное разрушение в любой точке забоя.

**Австрия.** Фирма «Фёст Альпине» выпускает пять типоразмеров проходческих комбайнов избирательного действия: от F-6A массой 12 т до AM100/300/360 массой 90 т (табл. 19).

Таблица 19  
Технические характеристики комбайнов фирмы «Фёст Альпине»

Комбайн	Мощность привода исполнительного органа, кВт	Установленная мощность двигателей, кВт	Максимальная высота резания, м	Ширина резания (с одной позиции), м	Масса, т	Давление на почву, МПа
F-6A	30—41	60—82	3,4—4,0	4,5	12	0,14
AM50	110	170	2—4,8	4,8	24	0,3
AM65	132—175	214—305	4,3—4,9	6,9	32—36	0,12—0,14
AM75	160—200	200—300	4,7—5,1	6,8—7,0	45—52	0,12—0,14
AM100	250—400	450—700	5,5—6,4	7,3—7,7	84—96	0,12—0,14

В разных странах работает около 1500 проходческих комбайнов этой фирмы. На всех комбайнах установлена поперечная режущая головка. Погрузка и транспортирование породы осуществляются посредством нагребавших лап и консольного цепного конвейера. На комбайнах AM65, AM75 и AM100 используется система визуального контроля для диагностики неисправностей с выдачей информации на экран терминала, установленного на пульте машиниста. Комбайны могут поставляться с системой орошения пород давлением через зубки, устройством для установки анкерной крепи и мостовым конвейером. Разгрузка с конвейера может производиться на различной высоте.

Каждая гусеница комбайна имеет свой привод. Конструкция режущего органа выполняется по заказу в зависимости от конкретных горно-геологических условий и принятой технологии. Предусмотрена возможность аккумулирования отбитой породы в период перерыва цикла погрузки.

\* \* \*

В 70-х и в начале 80-х гг. создаются отдельные системы, способствующие оптимизации рабочих процессов проходческих комбайнов. Первоначально системы контроля направленного движения и выдерживания заданного профиля выработки при-

менялись преимущественно при проведении тоннелей и других выработок при гражданском строительстве. В последние годы эти системы стали внедряться и на угольных шахтах. Так, система для контроля направленного движения с лазерным следящим устройством была использована на буровом комбайне на шахте «Гёттельборн» (в Сааре, ФРГ, в 1980—1981 гг.).

Для выдерживания заданного профиля используются четыре ступени управления. При ручном управлении зачастую не выдерживается заданный профиль. Полуавтоматическое управление позволяет машинисту комбайна не выходить за данный периметр профиля. При автоматическом режиме контроль заданного профиля осуществляется с помощью ЭВМ. Наконец, программирование процесса выемки позволяет оптимизировать весь рабочий цикл в соответствии с заданной программой. В 1979—1980 гг. на шахтах Великобритании была применена система автоматизации проходческого комбайна для автоматического управления исполнительным органом, контроля работы машины и передачи информации на пульт управления в штреке.

В настоящее время системы автоматического управления проходческими комбайнами разработаны и выпускаются рядом фирм Великобритании, ФРГ, США, Швеции, Финляндии, Австрии («Атлас Копко», «Вестфалия Люнен», «Паурат», «Фёст Альпине», «Доско оверсиз инжиниринг», «Дрессер», «Эйкгофф»), поставляющих проходческую технику. Их устанавливают на машинах в соответствии с конкретными техническими заданиями заказчиков. В 1990 г. аналогичная система разработана в Польше. При этом представлены различные модификации указанных выше систем. Предусматривается комплекс контрольных мер по диагностике, возможность дистанционного управления по кабелю и радиоуправление. С 1982 г. данные системы выпускаются на базе микропроцессоров.

По расчетам немецких специалистов, автоматизация проходческих комбайнов позволит снизить расходы при их эксплуатации до 40%, причем за счет выдерживания заданного профиля 5% и направления — 5%, оптимизации процесса резания — 10%, контроля параметров машины и диагностики заблаговременного обнаружения неисправностей, снижения внеплановых простоев, возможности избежания крупных повреждений — 5% и за счет дистанционного управления и связанного с этим повышения срока службы — 15%.

Системы могут иметь различное построение. Так, в системе фирм «Атлас Копко» и «Эйкгофф» позиция стрелы определяется датчиками углового перемещения, которые передают полученные данные в ЭВМ. Результаты непрерывного контроля заданного профиля, положения режущей головки и плоскости резания выдаются на дисплей машиниста комбайна. Наклон и боковой крен машины контролируются инклинометром, заданное направление выработки — лучом лазера, который устанавли-

ливается на расстоянии около 300 м за машиной. Приемное устройство имеет три линии фототранзисторов, расположенных в двух уровнях с тем, чтобы контролировать угловые отклонения.

Контроль различных профилей и углов наклона выработок осуществляется путем смены программы, введенной в ЭВМ. Впервые данная система была применена при проходке тоннеля в ФРГ. В настоящее время разработана конструкция контрольного устройства нового поколения, по своим габаритам в 3 раза меньше первой.

На пульте машиниста установлены видеотерминал и панели с кнопками и ключами системы управления. Данные профиля выработки вводятся в ЭВМ. Управление может осуществляться в автоматическом и полуавтоматическом режимах. В автоматическом режиме исключается разрушение породы за пределами заданного профиля выработки, при этом достигаются максимальные эффективность и производительность машины.

Система контроля заданного профиля выработки фирмы «Паурат» построена на базе микропроцессорной техники. Три датчика обеспечивают подачу сигналов о координатах при горизонтальном и вертикальном перемещениях рабочего органа и, если это необходимо, осуществляют контроль линейных перемещений стрелы. Контроль обеспечивается посредством трех лазеров.

Систему контроля разработала также фирма «Фэст Альпине». На видеотерминале фиксируется положение режущей головки. Лазерная система и электронное устройство обеспечивают контроль отклонения от заданного направления в горизонтальной и вертикальной плоскостях, а также наклон машины. Перекосы машины и все виды ее отклонения от нормального рабочего положения учитываются.

Система контроля фирмы «Зед инструмент» используется на различных видах проходческих комбайнов, в том числе на машинах избирательного действия. На пульте управления располагаются кнопки для подачи команд, видеотерминал, который позволяет непрерывно получать цифровую и графическую информацию, а также осуществляется диагностика важнейших параметров работы машины. Кнопочное устройство обеспечивает подачу команд на производство различных операций, выполняемых рабочим органом, и контроль его перемещения в плоскости забоя. Нажимом на кнопку задается также соответствующая программа выдерживания профиля выработки.

Новый тип прибора ZED-26 включает систему «Предиктор», которая обеспечивает выдерживание заданного профиля выработки в случае проведения криволинейных участков. На видеотерминале отображаются отклонения как от заданного, в случае прохождения криволинейной выработки, так и от нормального режима работы. Отклонения от оси выработки фиксируют-

ся в памяти прибора. При этом используется комбинированный прибор — объектив-инклинометр, который производит замеры и подает сигналы о горизонтальном и вертикальном отклонениях луча лазера. В блоке памяти сопоставляются заданные и фактические величины. Прибор работает на угольной шахте «Миуна» (Австралия).

Несмотря на достигнутые успехи в области создания комбайнов повышенного технического уровня, коэффициент машинного времени при использовании их в подземных условиях остается невысоким (30—35) главным образом из-за того, что процесс крепления горных выработок не механизирован.

В целом эффективность использования проходческих комбайнов за рубежом связывают с унификацией сечений выработок, при ограниченном числе которых можно было бы отказаться от большого разнообразия типоразмеров комбайнов, а использовать «базовую» машину с высокой степенью универсальности.

#### *Буровзрывной способ проведения горных выработок*

Буровзрывной способ имеет широкое распространение на зарубежных шахтах в связи с его универсальностью и мобильностью, меньшей энергоемкостью и стоимостью оборудования по сравнению с аналогичными показателями при комбайновом способе, возможностью проведения выработок по крепким и абразивным породам и др. При буровзрывной технологии основными средствами механизации являются бурильные машины и установки, погрузочные машины и комплексы, транспортное оборудование.

Бурильные машины и установки различаются принципом действия, видом используемой энергии, типоразмером и ходовой частью.

Бурильные установки оснащаются бурильными машинами вращательного, вращательно-ударного и комбинированного действия. Последние при необходимости могут осуществлять любой из указанных видов бурения. Примерно 78% общего числа известных зарубежных бурильных установок оснащено вращательно-ударными бурильными машинами, около 17% — вращательными и 5% — машинами комбинированного действия.

Основная тенденция технического развития буровой техники — гидрофикация бурильных машин и установок. Значительным преимуществом электрогидравлического привода является повышение мощности, подводимой к породоразрушающему инструменту, особенно в режиме вращательно-ударного бурения, что увеличивает скорость бурения в 1,5—2,5 раза и снижает расход инструмента на 30—50%.

По сравнению с пневматическими гидравлические бурильные машины конструктивно более просты, имеют меньший износ деталей, лучшую передачу энергии удара в системе поршень—

буровой инструмент благодаря удлиненной форме поршня-ударника. При их работе не образуется водсмазочного тумана, снижаются шум и вибрация. С помощью гидравлики можно достаточно просто вести глубокое и плавное регулирование механизмов бурильной машины. В результате, если в 60-х гг. практически все выпускавшиеся бурильные установки имели пневмопривод, то в настоящее время их осталось не более 15%, и число их продолжает снижаться. По данным фирмы «Атлас Копко» (Швеция) к 2000 г. из общего числа поставляемых на мировой рынок бурильных установок только около 5% будет оснащено пневматическими машинами.

Выпускается более 70 типов гидравлических бурильных машин (гидроперфораторов), отличающихся компоновочной схемой, конструктивным исполнением ударного узла и вращателя, способом удаления бурового шлама и пылеподавления, а также механическими, гидравлическими и энергетическими характеристиками.

Для бурения шпуров используются гидроперфораторы с ударными узлами мощностью 5—20 кВт. В настоящее время наиболее мощный перфоратор — типа COP-1440 фирмы «Атлас Копко». Мощность его ударного узла 22 кВт, скорость бурения в крепких гранитах до 3,6 м/мин, что более чем в 2 раза превышает показатели перфораторов, ранее выпускавшихся той же фирмой.

Частота вращения и крутящий момент гидроперфораторов составляет соответственно  $500 \text{ мин}^{-1}$  и 0—1000 Н·м. Номинальная мощность, развиваемая узлами вращения, 3—12 кВт. Усилие подачи изменяется от 7—8 кН для пневматических или малых гидравлических бурильных машин до 15 кН для мощных гидравлических.

Податчики, с помощью которых бурильную машину с необходимым усилием подвигают на забой во время бурения шпура, а по окончании бурения ускоренно отводят назад, могут изготавливаться из упрочненных алюминиевых сплавов (при создании небольших напорных усилий) или легированных сталей. Современные податчики зарубежных фирм имеют моноблочную или складную (телескопическую) конструкцию.

Для перемещения бурильной машины по податчику используются цепные, винтовые, канатные и поршневые (цилиндрические) механизмы подачи. Наибольшее распространение получили цепные и канатно-цилиндрические (с удвоителями хода) механизмы подачи, обеспечивающие высокую маневровую скорость перемещения бурильных машин. Подавляющее большинство современных податчиков снабжается движущимися барабанами для обеспечения постоянного натяжения гидравлических шлангов. Длина податчика определяет максимальную глубину бурения и составляет 1,9—4 м.

Для возврата бурильной машины в исходную позицию после

пробурирования шпура на полную глубину и перестановки ее на новый шпур податчик с бурильной машиной устанавливают на специальный гидравлический манипулятор, состоящий из сочлененных звеньев различных габаритов и степени подвижности. В современных конструкциях манипуляторов использованы шарнирные и телескопические сочленения звеньев.

Конструкция манипулятора определяет зону бурения, ее высоту и ширину, площадь обурирования, расположение установки перед забоем при бурении шпуров, диапазон углов наклона податчика бурильной машины в горизонтальной и вертикальной плоскостях. С помощью манипулятора производятся все вспомогательные операции, связанные с переводом бурильной машины на бурение очередного шпура. Манипуляторы вместе с закрепленными на них податчиками и бурильными машинами навешиваются на ходовые части бурильных установок — колесно-рельсовые, пневмоколесные или гусеничные. Появились первые бурильные установки, управляемые микропроцессорами, с различной степенью автоматизации производственных операций. Совершенствование бурильных установок в этом направлении будет продолжаться.

Продолжаются работы по совершенствованию процессов, обеспечивающих собственно разрушение пород и подвигание забоя, погрузку и выдачу из забоя отбитой горной массы, крепление проводимых выработок. Разработаны и находят применение микропроцессорные системы управления самоходными бурильными установками. Данные системы носят вспомогательный характер, не исключают участия в управлении человека, но способствуют существенному повышению точности выдерживания заданного контура поперечного сечения выработки (отклонение не превышает 50—100 мм) и обеспечивают оптимальный режим работы машины. При этом достигается более высокая производительность труда. Наблюдение, выбор скорости бурения, учет влияния различных факторов, выбор рациональной последовательности бурения шпуров остаются за оператором. Так, автоматизированная гидравлическая бурильная установка «Робот Бумер-135» фирмы «Атлас Копко» предназначена для скоростной проходки тоннелей средней и большой площади поперечного сечения (12—90 м<sup>2</sup>). Установка смонтирована на пневмоколесном ходу, оснащена двумя гидравлическими стрелами ВТ-35 и бурильными молотками COP-1238. Система автоматики и встроенные датчики обеспечивают высокую точность бурения. Программа вводится на стандартной кассете с записью на поверхности или по методу обучения. Возможно также ручное управление.

Бурильные установки «Альпине Джамбо» австрийской фирмы «Белер» предназначены для проведения выработок среднего сечения по крепким породам. Рычаги управления, размещенные в соответствии с требованиями эргономики, позволяют снизить

время установки манипулятора при переходе от одного шпура к другому. Устройство автоматического управления предусматривает пуск в работу бурового инструмента легким нажатием кнопки. Специальное устройство предназначено для предотвращения заклинивания инструмента в породах. Буровой инструмент приводится в действие электродвигателем, а передвижение всей бурильной установки обеспечивается дизельным двигателем, за счет чего достигается экономичность ее работы. Обе стрелы имеют собственную гидравлическую систему. Универсальная буровая стрела НВ600Р оснащена поворотным механизмом, осуществляющим бесступенчатый поворот ее на угол до 270°. Гидравлическая система ударагашения препятствует повреждению машины.

Фирма «Виктор продактс» (Великобритания) создала компактную гидравлическую бурильную машину вращательно-ударного действия для бурения коротких скважин и шпуров по крепким породам. Машина, смонтированная на легкой гидравлической колонке двойной раздвижности, состоит из трех модулей: передний модуль включает приводной редуктор и гидромотор, центральный — ударник и приспособление для подсоединения гидравлических шлангов, в задней части расположена рукоятка оператора.

В качестве рабочей жидкости может использоваться как минеральное масло, так и водомасляная эмульсия с соотношением воды и масла 60 : 40. Промывочными средствами служат вода и воздух, подаваемые по шлангам.

Данная бурильная машина может работать с различными гидравлическими системами питания, включая силовой блок, в состав которого входит встроенный воздушный холодильник. Каждая машина работает от одного силового блока; разрабатывается силовой блок для питания двух бурильных машин. Длина шланга позволяет оператору работать на расстоянии около 10 м от силового блока.

Техническая характеристика бурильной машины фирмы «Виктор продактс»		
Диаметр буровых коронок, мм	43	
Скорость бурения, мм/мин:		
при прочности пород на сжатие 260 МПа	130—200	
при прочности пород на сжатие 138 МПа	460	
Длина пробуриваемых шпуров, м	2,5	
Раздвижка гидравлической колонки, м	1,2—1,9	
Гидросистема:		
производительность, л/мин	59	
давление, МПа	14	
Производительность промывки при давлении 0,4—0,6 МПа:		
для воды, л/мин	9	
для воздуха, л/с	24	
Габариты бурильной машины, мм	650×140×185	
Масса, кг:		
машины	32	
поддерживающей гидравлической колонки	26	

По сравнению с пневматическими бурильные машины имеют более низкий уровень шума и вибрации, высокую мобильность, меньшую стоимость энергии. Модульная конструкция обеспечивает простоту в обращении и снижение расходов на техническое обслуживание.

Фирма «Тамрок» (Финляндия) выпускает полностью гидрофицированные буровые станки, шахтные бурильные установки, оснащенные гидравлическими бурильными машинами.

Тем не менее совершенствуются конструкции пневматических бурильных машин для действующих шахт с уже существующей подземной сетью трубопроводов сжатого воздуха.

Фирма «Тамрок» сконструировала пневматическую бурильную головку L 550, которая может работать при снижении давления сжатого воздуха до 0,4 МПа с незначительной потерей мощности. Глушитель шума, вмонтированный в корпус бурильной головки, обеспечивает снижение шума во время работы на 2—3 дБ.

Благодаря возможности работать при низком давлении сжатого воздуха с небольшой потерей мощности достигается скорость бурения на 25% выше, чем при использовании существующих пневматических бурильных головок аналогичного класса.

Фирма продолжает работы по совершенствованию гидрофицированной буровой самоходной техники, расширению области ее применения. Разработаны две модели шахтных бурильных установок «Микроматик» и «Минибор», оснащенных легкой гидравлической бурильной головкой HE322. Последняя установлена на податчике CE30×24, смонтированном на манипуляторе МР300.

Техническая характеристика бурильных установок

	«Микроматик Н102»	«Минибор Н102»
Площадь поперечного сечения забоя, обуриваемого с одной позиции, м²	4—10	
Радиус обуривания, мм	2300	
Скорость передвижения, км/ч:		
по горизонтальному участку	10	9
по наклонному участку с углом подъема 8°	2	2
Угол поворота стрелы манипулятора, град	360	360
Высота от почвы выработки до оси вращения, мм	1000	1000
Радиус поворота, м:		
внешний	4,2	4,2
внутренний	1,5	—
Преодолеваемый уклон, град	2	2
База, мм	1500	1100
Установленная мощность, кВт	25	25
Габариты, мм	8150×1200×1650	8200×1200×1500
Масса, кг	3500	3000

Гидравлическая RMH107M и пневматическая RMA100M бурильные установки фирмы «Тамрок» предназначены для проведения тоннелей небольшого сечения, горизонтальных подготовительных выработок, а также для бурения шпуров под анкерную крепь. Установки выполнены по агрегатному принципу, оснащены одной стрелой. Колесно-рельсовые ходовые части могут быть выполнены цельными на двух осях или из двух тележек. При работе отбойного молотка управление и контроль осуществляются за следующими операциями: удар, вращение, промывка, автоматическая система забуривания и противозаклинивания; при работе цепного податчика управляют регулированием податчика и автоматической системой «стоп-возврат»; при работе стрелы — автоматической системой параллельного перемещения. Площадь поперечного сечения выработки составляет 4—17 м<sup>2</sup>, максимальная высота бурения — 4050 мм, максимальная ширина зоны бурения — 6000 мм. Габариты установки — 9700×1300×1960 мм, масса — 6,5—5,8 т.

Гидравлическая CMH207M и пневматическая CMA200M (рис. 2) бурильные установки фирмы «Тамрок» предназначены

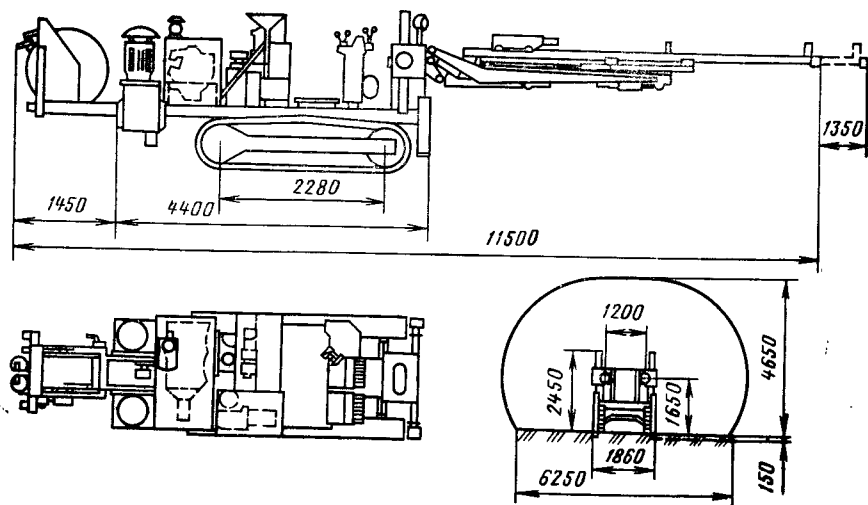


Рис. 2. Пневматическая бурильная установка CMA200M фирмы «Тамрок». Размеры даны в мм

для проведения тоннелей малого и среднего сечения (8—25 м<sup>2</sup>) горизонтальных и наклонных выработок, а также для бурения шпуров под анкерную крепь.

Гидравлическая бурильная установка MH107ADS финской фирмы «Тамрок» использовалась на шахте «Фридрих Генрих» (ФРГ) для бурения шпуров при проведении штрека площадью поперечного сечения 21 м<sup>2</sup>. При трехсменной работе среднесуточная скорость подвигания забоя в штреке составляла 6—7 м,

что соответствовало 120 м/мес. Штрек проходил смешанным забоем. Ранее при проведении этого штрека трое рабочих буривали комплект из 42 шпуров ручными бурильными машинами за 1 ч 40 мин. Теперь один оператор бурильной установки фирмы «Тамрок» выполняет эту работу за 40 мин.

Бурильная установка MH107DS фирмы «Тамрок» применялась для бурения шпуров под анкеры при проведении штреков на шахте «Шлегель унд Айзен» (ФРГ), где проводили эксперименты по усилению арочной крепи анкерами. Площадь поперечного сечения штрека — 16,8 м<sup>2</sup>. Одноманипуляторная бурильная установка была оснащена бурильной машиной TRP400. На бурение комплекта шпуров, включая перемещение установки, затрачивалось около 1,5 ч.

Двухманипуляторная бурильная установка MH207H фирмы «Тамрок» с буровыми штангами длиной 3,6 м и диаметром 38,1 мм использовалась для бурения шпуров при проведении штрека шириной 6,6 м и высотой 4,5 м на шахте «Шлегель унд Айзен». Бурильная установка оснащена штыревыми коронками диаметром 31,75 мм. Комплект состоял из 90 шпуров. За сутки проводилось и крепилось 3,6 м штрека. Арки устанавливались на расстоянии 0,75 м друг от друга. Работы велись в четыре смены. Проходческая бригада состояла из 21 человека. Контроль за соблюдением правильности направления штрека осуществлялся с помощью лазерного прибора. Замеренная скорость бурения (м/мин) установками «Тамрок» составляла по углю — 4,45; глинистому сланцу — 4,25; песчанистому сланцу — 2,35; песчанику — 2,1.

**Погрузочные, буропогрузочные и погрузочно-доставочные машины.** Погрузочные машины с нагребными лапами мало применяются, в основном используются ковшовые машины с боковой разгрузкой на гусеничном или пневмоколесном ходу как наиболее мобильные.

Увеличение скорости проведения выработки может быть достигнуто благодаря применению многоцелевых проходческих машин, у которых совмещены процессы выемки, погрузки и крепления кровли. К таким машинам относятся, например, проходческая выемочно-погрузочная машина CL-3000 фирмы «Вебстер» (США). Такие машины применяются на угольных шахтах Великобритании. Их средняя производительность составила 12—15 м<sup>3</sup>/ч, максимальная 25—30 м<sup>3</sup>/ч. В настоящее время в различных странах (Великобритания, Франция, КНР, Италия, Индия) работает около 100 таких машин.

Фирмой «Миндев» (Великобритания) производится целый ряд ковшовых погрузочных машин. В их числе погрузочная машина «Миндев 750/140» с боковой разгрузкой ковша на гусеничном ходу, небольших габаритов и высокой производительности, с высоким КПД гидравлической системы благодаря применению насосов с переменной подачей, что позволяет ус-

пешно использовать эту машину в подземных выработках с высокой температурой окружающей среды. Машина «Мендев 1000/900» с боковой разгрузкой ковша на гусеничном ходу небольшой высоты имеет сравнительно высокую скорость перемещения и хорошую маневренность, а доступное размещение электрогидравлических узлов в сочетании с прочностью конструкции обеспечивают надежность машины.

Буропогрузочная машина 90МКП с боковой разгрузкой на гусеничном ходу фирмы «Майнинг дивелопмент» (Великобритания) предназначена для механизации подрывки почвы выработки и уборки породы или угля. На основной раме смонтирована поворотная стрела телескопической конструкции с погрузочным ковшом. Машина работает от гидроэлектропривода. Гидростанция имеет вывод для питания вспомогательного оборудования: ручных бурильных молотков, ударников, насосов, а также водоохлаждающее и пылеподавляющее устройство на ковше, маслоохладитель, передние и задние красные фары. Вместимость ковша 340 л, максимальная грузоподъемность 7 кН, усилие внедрения ковша в породу 27 кН, глубина внедрения 225 мм, скорость движения машины 2,7 км/ч, мощность двигателя 30 кВт, масса машины 5,6 т.

Буропогрузочная машина «Дуо 190» фирмы «Майнинг дивелопмент» состоит из основной рамы, гусеничного ходовой части, погрузочного узла, силовой станции и исполнительного органа. К основной раме машины крепятся верхняк и нижняя стрела. Нижняя шарнирная телескопическая стрела погрузочного узла рассчитана на тяжелый режим работы. На ее конце может быть смонтирован ковш с боковой разгрузкой вместимостью 450 л или ковш с передней разгрузкой вместимостью 300 л.

Фирма «Эймко» (Великобритания) и ее филиалы являются ведущими по созданию и производству самоходных пневмоколесных погрузочно-доставочных машин, для которых характерны широкая унификация узлов, модульный принцип сборки конструкции с различным функциональным назначением (рис. 3). Конструктивно эти машины представляют собой две шарнирно-сочлененные полурамы на пневмоколесном ходу, поворачивающиеся относительно друг друга на угол 30—45° в обе стороны, что позволяет применять их в выработках с небольшим радиусом закругления. Машины с электрическим или дизельным приводом оборудуются ковшами вместимостью 0,7—8 м³, управляемыми при погрузке и разгрузке гидроцилиндрами и шарнирным механизмом. Система быстрой замены исполнительных органов позволяет водителю из кабины в течение 1—3 мин навешивать на машину различные модули: погрузочно-транспортный ковш, контейнеры, вилочный захват, специальные площадки для транспортирования оборудования и др.

Фирмой «Эймко» разработаны для самоходных машин с

электроприводом две системы подвода трехфазного переменного тока, первая — с помощью специального токосъемника по открытым шинам, подвешиваемым на изоляторах к верхняя-

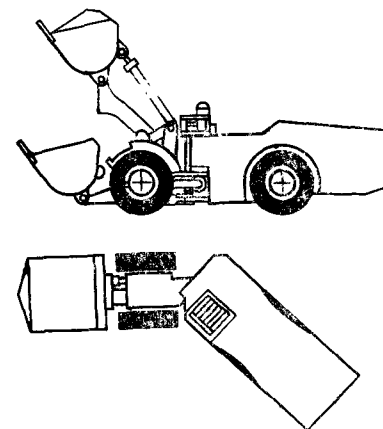


Рис. 3. Самоходная погрузочно-доставочная машина 991С фирмы «Эймко»  
кам крепи; вторая — по кабелю с автоматической крюковой подвеской к монорельсу, укрепляемому на верхних креплениях. Эти системы обеспечивают повышенную мобильность самоходных машин и увеличивают дальность их действия. Техническая характеристика машин фирмы «Эймко» приведена в табл. 20.

Таблица 20

Технические характеристики погрузочных машин фирмы «Эймко»					
Показатели	911С	922С	913С	925С	918С
Вместимость ковша, м³	0,76	1,32	2,3	3,06	5,2
Номинальная грузоподъемность, кН	22,7	36	54,5	81,6	122,5
Габаритные размеры в транспортном положении, мм:					
длина	6294	6375	7 442	8 305	10 850
ширина	1220	1475	1 829	2 134	2 436
высота	1850	2032	1 980	2 387	2 575
Масса, т	7490	9570	12 700	20 142	30 400
Мощность двигателя, кВт	37	55,61	80	138	203,7
Скорость движения, км/ч	14,1	20	12	12	12
Давление в гидросистеме, МПа	13,8	13,8	13,8	13,8	13,8
Угол поворота шарнирно-сочлененных частей, град	45	38	45	40	45
Минимальный радиус поворота машины, мм	1960	2590	2 590	2 794	3 300
Расстояние между осями пневмоколес, мм	2136	2280	2 896	3 200	3 760

Аналогичное оборудование выпускают фирмы «Шопф» и «Штеркраде» (ФРГ), АРЕ (Финляндия), «Кавасаки» (Япония), «Джой» и «Джеффри» (США).

В ФРГ фирма «Дайльман Ханиэль» выпускает погрузочные машины на гусеничном ходу для погрузки породы в низких по высоте выработках и под рабочими полками, применяемыми в забое. Машина может быть оснащена откидным ковшем или ковшем с боковой разгрузкой. Подача ковша производится автоматически посредством шарнирных элементов, которые обеспечивают высокое усилие внедрения ковша в породу. Вместимость откидного ковша 1000—1200 л, ковша с боковой разгрузкой 1500—2000 л, производительность соответственно 60—90 и 80—130 м³/ч. Откидной ковш при разгрузке на забойный конвейер не требует дополнительной высоты. Ковш имеет двусторонний угол поворота 30°, который в сочетании с горизонтальным ходом подачи 900 м позволяет из одного положения охватывать выработку шириной 5 м.

Самоходная (1,3 м/с) гусеничная погрузочная машина L514 фирмы «Дайльман Ханиэль» производительностью 30—50 м³/ч оснащена поворотной стрелой с ковшем вместимостью 0,65 м³, состоящим из двух частей с донной разгрузкой. Стрела, поворачивающаяся на 90°, обеспечивает возможность работы в выработках небольшой высоты и ширины. Машина унифицирована с погрузочной машиной с боковой разгрузкой.

Фирма «Дайльман Ханиэль» выпускает также унифицированный ряд погрузочных машин (табл. 21), которые могут ос-

Таблица 21

Технические характеристики погрузочных машин фирмы «Дайльман Ханиэль»

Показатели	513	513Т	M412	K313	K312	G210/ G2000
Вместимость ковша, л	500	500—600	750—1000	1000—1200	1000—1200	1800—2000
Производительность, м³/ч	15—30	20—40	40—70	70—110	60—90	80—120
Скорость передвижения, м/с	0,9	1,2	1,4	1,4	1,4	1,05
Мощность электродвигателя, кВт	22	30	37	55	45	75
Масса, т	5	6	9,1	11,5	11,5	21
Габаритные размеры, мм:						
длина	4800	5160	5400	6750	6100	7360
ширина	1000	1020	1420	1630	1630	1940
высота	1250	1300	1600	1535	1580	1955
Высота разгрузки, мм	3100	3100	3200	3450	3450	4000
Телескопичность, мм	—	—	900	900	900	1500

нащаться как ковшами с боковой разгрузкой, так и ковшами прямой разгрузки для поддирки почвы. Все погрузочные машины на гусеничном ходу, снабжены поворотной стрелой с ковшем или с телескопическим выдвижением ковша. Каждую машину можно снабжать для поддирки почвы сменным ковшем с передней разгрузкой вместимостью 250 л.

Фирмой «Зальцгиттер» (ФРГ) освоено пять моделей погрузочных машин (табл. 22) с боковой разгрузкой ковша на пово-

Таблица 22

Технические характеристики погрузочных машин фирмы «Зальцгиттер»

Показатели	Без телескопической раздвижности		С телескопической раздвижностью		
	600	1000	800	1000	1500
Вместимость ковша, м³	0,6	1,2	1,0	1,2	1,5
Производительность, м³/ч	40—55	80—110	50—80	80—120	100—140
Скорость передвижения, м/с	1,2	1,0	1,2	1,4	1,4
Мощность электродвигателя, кВт	30	E55	40	50	50 (63)
Масса, т	5,7	11	10,5	13,5	14
Габаритные размеры, мм:					
длина	4700	5110	6050	6300	6500
ширина	1000	1530	1250	1600	1600
высота	1500	1520	1480	1550	1500
Высота разгрузки, мм	3100	3780	4150	3900	4400
Ширина погрузки, мм	2500	—	4000	4550	4550
Телескопичность, мм	—	—	1000	1000	1000

ротной стреле и с телескопическим выдвижением ковша.

Кроме этого, фирма разработала на базе машины с боковой разгрузкой ковша унифицированную модель погрузочной машины SKL6000, которая может иметь исполнение с закрытым ковшем, с телескопическим выдвижением ковша, с ковшем подрывки с активизированным днищем.

Погрузочная машина H3080 фирмы «Хаусхерр» выполнена на гусеничном ходу с поворотной стрелой, на конце которой укреплен ковш с шибером, имеющим двухцепной привод для осуществления боковой разгрузки. Такая конструкция ковша позволяет снизить высоту разгрузки (рис. 4). Машина максимально унифицирована со штрекоподдирочной машиной DS1131 и при необходимости может быть оснащена ковшем с боковой разгрузкой.

Следует отметить, что существует тенденция использования дистанционного управления погрузочными машинами, способствующего повышению их маневренности и улучшению труда машинистов, снижению шумов и предотвращению несчастных слу-



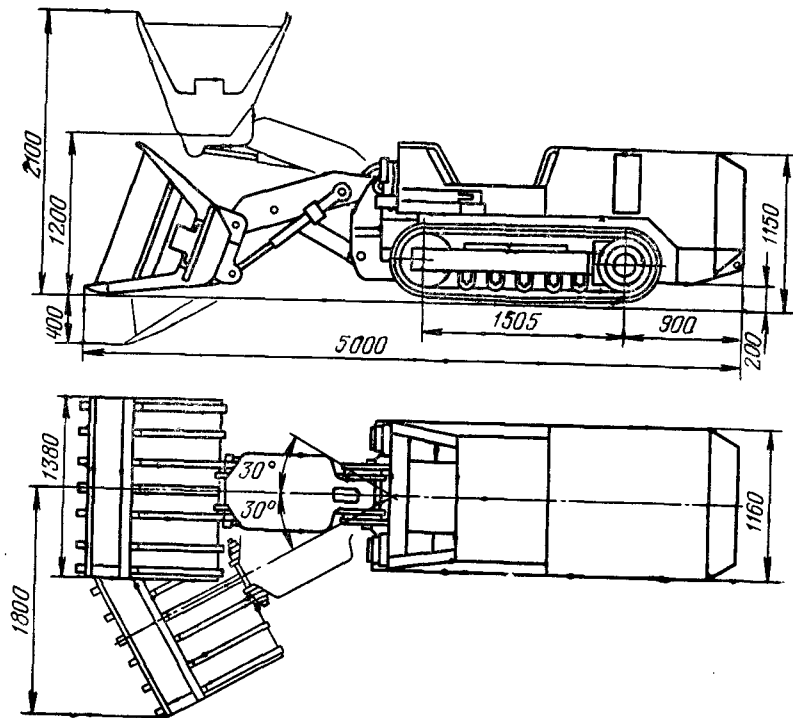


Рис. 4. Погрузочная машина Н3080 фирмы «Хаусхерр». Размеры даны в мм

Техническая характеристика машины DS1131

Вместимость ковша, л	600
Производительность, м³/ч	30—50
Скорость передвижения, м/с	1
Мощность электродвигателя, кВт	30
Масса, т	7,5
Габаритные размеры, мм:	
длина	5000
ширина по корпусу	1160
высота	1150

чаев. Так, в Великобритании была применена ковшовая машина Т2СН, на рудниках Швеции работают машины 1М56 и Т2СН. Переносной пульт дистанционного управления располагается так, чтобы машинист мог визуально наблюдать за работой машины.

Опыты управления выемочными и погрузочными машинами с использованием радиосвязи проводились в ФРГ, ЧСФР, Польше.

Горные выработки на шахтах основных угледобывающих стран крепятся в основном металлической крепью, объем применения которой непрерывно возрастает. Форма сечения выработок — арочная (более 95% штреков в ФРГ и 80% в Великобритании).

При комбайновом способе проведения выработок начали широко применяться различные устройства и приспособления, позволяющие механизировать отдельные операции установки крепи в забоях. Так, на проходческих комбайнах со стреловидным исполнительным органом предусматривают гидравлические подхваты для поднятия верхних элементов металлической крепи, специальную арматуру для подключения ручных инструментов (например, гайковертов) от электро- или гидропривода комбайна; создаются специальные механизированные полки для сборки комплектов крепи за комбайнами или погрузочными машинами и их доставки в забой и др.

При устойчивых кровлях широко применяется анкерная крепь, для установки которой используют машины, монтируемые на проходческих комбайнах, или машины с индивидуальным приводом на гусеничном или пневмоколесном ходу.

Для возведения штрековой крепи в ФРГ фирмой «Клэкер-Бекорит» разработано приспособление, которое подвешивается к двойному рельсу, закрепленному на металлической крепи. С помощью приспособления предварительно смонтированный элемент, состоящий из верхних сегментов крепи и сетки для затяжки кровли, подают к забою и устанавливают в нужное положение.

Универсальный полок АТНВ частично механизмирует процесс крепления при проведении выработок с применением буровзрывных работ, в частности, доставку в забой до четырех предварительно смонтированных верхняков, подъем и удержание их, выполняя при этом функции передовой предохранительной крепи. Подвижной полок используется, помимо крепления, для подъема и транспортирования грузов, бурения шпуров. С этой целью на нем располагают две бурильные установки. Полок АТНВ имеет только один ходовой рельс, благодаря чему он лучше преодолевает повороты. Приспособление для установки крепи, сконструированное на базе бурильной установки ВВ32 на гусеничном ходу с электрогидравлическим приводом, позволяет одновременно устанавливать до четырех верхних сегментов крепи.

Рабочий полок для возведения крепи фирмы ГТА (ФРГ) при проведении подготовительных выработок существенно упрощает выполнение ряда операций при буровзрывном способе и повышает безопасность работ. Полок подвешивают на моно-



рельс, тем самым предусматривается возможность независимого перемещения рабочей платформы и устройства для возведения крепи, что позволяет совмещать во времени ряд операций проходческого цикла. После взрывания шпуров монтируют комплекс из верхних элементов крепи (до шести элементов), которые затем подвигают к забою. Благодаря небольшой конструктивной высоте рабочей платформы (0,8 м от нижней кромки рельса) не возникает препятствий для проезда других машин к забою. После установки верхняков и создания тем самым условий для безопасного ведения работ в призабойном пространстве убирают специальную опережающую крепь, а затем с рабочей платформы начинают монтаж боковых сегментов арочной крепи. Допустимый радиус закругления выработок составляет не более 4 м. Полк может быть оснащен оборудованием для бурения шпуров и установки анкерной крепи или оборудованием для подачи набрызг-бетона в крепное пространство и заполнения его.

Крепеустановщик типа 5011, разработанный фирмой «Дайльман-Ханиэль» (ФРГ) состоит из одного рабочего полка (модель 5011-AB), рамы и крепеустановщика (модель 5011-ASV). Устройство представляет собой комбинацию крепеустановщика с рабочим полком (модель 5011-ASV—AB), с помощью которых можно производить бурение, зарядание и забойку шпуров, крепление выработок с заполнением крепного пространства (полк имеет возможность перемещаться вдоль забоя).

Монтаж и установка крепи производятся с помощью консольного выдвижного устройства. Рабочий полк обеспечивает крепеустановочный агрегат надежной опорной площадкой. Основная рама, на которую навешен крепеустановщик, перемещается с помощью шагающего механизма по монорельсу, смонтированному по центру выработки. Благодаря опорному устройству, действующему на кровлю выработки, агрегат можно устанавливать в рабочее положение. Независимое передвижение рабочих полков и крепеустановщика дает возможность совмещать по времени рабочие процессы. Различные конструктивные варианты рукояти крепеустановщика позволяют проводить криволинейные участки радиусом 4 м и устанавливать штрековую крепь в ответвлениях горизонтальных выработок. Данное устройство можно использовать как транспортное средство для доставки крепежных материалов, инструмента и оборудования, оно может служить несущей конструкцией для оборудования по заполнению крепного пространства. С его помощью можно вести работы по навеске и монтажу вентиляционных и водопроводных труб, осветительной арматуры, производить предварительную сборку комплекта верхних сегментов крепи за пределами забоя с последующей его доставкой к забою и установкой. Крепеустановщик можно использовать и в качестве

временной вспомогательной крепи. Конструкция рамы позволяет ему удерживать породы кровли у забоя на площади около 15 м<sup>2</sup>.

При выполнении работ по заполнению крепного пространства закладочными материалами модель крепеустановщика 5011-AB предусматривает достаточно легкий съем полка с основной рамы, а при необходимости установку его на место. Этот крепеустановщик может перемещаться по подвесной монорельсовой дороге со стандартным рельсом с помощью маневровой тележки или передвигчика. В рабочем положении устройство удерживают раздвижные опоры, распираемые в кровле гидроцилиндрами; при выдвинутых опорах привод подачи блокируется гидравлической системой. Секции рабочего полка могут перемещаться независимо друг от друга. Обе секции платформы легко приспособляются к различным сечениям штрека благодаря наличию выдвижных и откидывающихся элементов.

Для установки секции рабочего полка в горизонтальном рабочем положении при работе в наклонных выработках имеется специальное устройство. Небольшие конструктивные размеры этого устройства по высоте (размер от нижней части до рельса всего 850 мм) позволяют достаточно свободно перемещаться под ним другим машинам.

Благодаря двухсекционной конструкции полка 5011-AB в забое можно совмещать два основных процесса проходческого цикла — погрузку горной массы и крепление.

Применение проходческих полков позволяет сократить объем операций, выполняемых вручную, и повысить безопасность ведения работ.

Крепеустановщик фирмы «Клэкнер-Бекорит» предназначен для работы с комбайнами избирательного действия. Он состоит из основной рамы, перемещающейся по подвесному монорельсу, рычажного механизма, подъемной стрелы и стопорно-распорного устройства. Рычажный механизм соединен с основной рамой поворотным шарниром, а подъемная стрела имеет телескопическую форму, что позволяет значительно сократить длину основной рамы. При этом нет необходимости использовать вспомогательные приспособления для захвата крепежной арки и транспортирования ее к забою. Наличие поворотного шарнира и телескопической подъемной стрелы в сочетании с распорными устройствами позволяет повысить функциональные возможности крепеустановщика, уменьшить его габариты и таким образом оптимизировать процесс возведения крепи.

Крепеустановщик низкой конструктивной высоты фирмы «Клэкнер-Бекорит» состоит из перемещающейся по монорельсу и прикрепляемой к ранее установленной крепи несущей рамы. К раме присоединено рычажно-параллелограммное устройство с рабочим полком и крепеподъемником, закрепленными на

консоли, образованной нижним концом рычажно-параллелограммного устройства. Крепеустановщик может свободно перемещаться над проходческим комбайном и позволяет производить ориентацию элементов крепи при их установке в забое.

Фирма «Путцмайстер» (ФРГ) выпускает навесное оборудование для проходческих машин, которое может быстро монтироваться на погрузочных машинах и комбайнах. Оно представляет собой рабочий полук, который может быть использован для установки крепи, прикрепления труб, шлангов и кабелей. На полке имеется также телескопическая стрела с насадкой для набрызг-бетона.

За рубежом значительное внимание уделяется совершенствованию средств установки анкерной крепи. Так, фирмой «Миндев» (Великобритания) создано гидравлическое колонковое устройство для установки анкерных болтов с осевым усилием 4,5 кН с ручным управлением. Устройство питается от гидропривода (14 МПа), обслуживается одним-двумя рабочими. Выпускаются две модификации: одинарной и двойной раздвижности.

Горное бюро США разработало машину-робот для установки анкерной крепи с опережением фронта очистных работ. Рабочий цикл машины после первоначальной установки ее в заданное положение относительно забоя включает следующие операции. С помощью шнека бурится скважина по углу ниже границы с кровлей на глубину 12,2 м, что способствует заходке комбайна.

Затем из скважины удаляется шнек и вставляется роботизированное бурильное устройство с гибкими шлангами для бурения вертикальных шпуров под анкерную крепь в кровле пласта. Это устройство обеспечивает одновременное бурение двух шпуров. Вслед за этим с помощью второго роботизированного устройства в пробуренные шпуры вводятся и закрепляются анкерные болты. Все перечисленные операции выполняются без вмешательства человека с использованием системы контроля и управления с искусственным интеллектом. Рабочий цикл робота повторяется до тех пор, пока участок кровли впереди забоя на всю его ширину и длину последующей заходки не будет закреплен анкерными болтами.

Для установки анкеров при проведении выработок с неустойчивой кровлей на шахтах США создана также машина, представляющая собой самоходную тележку с вращающейся кабиной, на которой накручен металлический прут, служащий в качестве анкера. Прут протягивается через натяжное устройство и направляющую муфту и подается в анкерный шпур. Затем в шпур вставляется анкерный замок (закрепление может производиться с помощью полимерных химических заполнителей или комбинированным способом). Прут отрезается и загигается в кровле направляющей муфтой.

Крепление кровли в выработках прямоугольного сечения осуществляется анкерными болтами с металлическими стяжками или без них. Анкерные болты устанавливаются по четыре в ряд на расстоянии 1,5 м друг от друга, два — перпендикулярно оси штрека, а крайние — под углом к целику для его упрочнения. Расстояние между рядами анкеров — 1,5 м. Используются различные типы анкерных болтов: от обычных, механически закрепляемых в скважине и закрепляемых синтетическими смолами, до более сложных, с комбинированным способом закрепления и выполненных из спирального профиля. При неустойчивых породах кровли используются анкеры со стяжками.

В США разработана также разрезная анкерная крепь, которая представляет собой трубу из высокопрочной стали с продольным разрезом по всей длине. Она сужена на одном конце и имеет фланец на другом. Труба вставляется в шпур диаметром немного меньше наружного диаметра трубы и при этом несколько сжимается, за счет чего обеспечивается обжатие трубы по всей длине. Усилие закрепления трубы в шпуре со временем увеличивается вследствие коррозии трубы: въедания ржавчины в породу и увеличения обжатия трубы породой за счет сокращения диаметра шпура.

Специальное устройство позволяет затягивать свежееобнаженную кровлю проволоочной сеткой для предотвращения попадания породной мелочи в рабочее пространство лавы. С этой целью в ребрах жесткости погрузочного кожуха, расположенного в задней части комбайна, сделаны отверстия для присоединения крюков, несущих кронштейны с пазами. В пазы вставляют ось с надетым на нее роликом, несущим рулон проволоочной сетки. При движении комбайна проволоочная сетка сматывается с ролика и прижимается к кровле верхними секциями крепи. Предусмотрена возможность смещения кронштейнов с осью в сторону выработанного пространства с целью установки нового ролика с сеткой взамен израсходованной.

Дальнейшее распространение в других странах получили механизированные установки для возведения анкерной крепи, которые обеспечивают дистанционное управление всеми операциями по креплению кровли.

Разработанная фирмой «Линден-Алимак» (Швеция) машина для автоматизации установки анкерной крепи представляет собой бурильную установку с кабиной и гидрофицированной стрелой. На стреле смонтировано автоматизированное устройство для бурения, заполнения шпура смолой и введения анкера. Процесс установки крепи включает следующие операции: бурение, подачу сверла, остановку и вывод его из скважины, введение в шпур смолы с отвердителем, ввинчивание анкеров в шпур, смешивание смолы с отвердителем, поворот стрелы к месту установки следующего анкера, извлечение нового анкера из кассеты и установку его в исходное положение. Все опера-

ции, кроме бурения, осуществляются в автоматическом режиме.

Фирма «Секома» (Франция) также разработала машину для автоматизации установки анкерной крепи. Эта машина размещается на буровой тележке. Для бурения в ней используется гидравлический вращательно-ударный колонковый бурильный молоток, который может переходить с режима вращательного бурения на вращательно-ударное и наоборот. Эта машина может применяться в выработках малой высоты.

Фирма «Тамрок» выпускает самоходную автоматическую установку «Роболт», которая снабжена специальной турелью с перфоратором, кассетой с анкерными болтами, устройством для подачи связующего раствора в шпур и автоматическим цепным податчиком анкера. Кассета вмещает 8 болтов и снабжена захватами, автоматически устанавливающими болты в шпур. На платформе самоходного шасси смонтированы устройство для изготовления водоцементной смеси и насос для ее подачи в шпур. Готовую смесь нагнетают в полость шпура через гибкий шланг, который извлекается автоматически податчиком по мере заполнения шпура раствором. По этому же шлангу в шпур можно нагнетать и синтетическую смолу.

## ОЧИСТНЫЕ РАБОТЫ

В мировой практике за последние десятилетия не было создано ни одной принципиально новой системы разработки угольных пластов; изменялись лишь геометрические параметры очистных забоев в зависимости от конкретных горно-геологических условий, конструкции и технико-экономической эффективности применяемых средств механизации выемки угля.

Основными системами разработки являются: длинными забоями (столбовая, или сплошная), камерная, камерно-столбовая и различные варианты этих систем. Более 60% угля добывается длинными забоями, и доля этой системы возрастает.

В ФРГ, Великобритании, Франции, Польше, ЧСФР и КНР применяются в основном системы разработки длинными очистными забоями. Системы разработки короткими забоями наиболее характерны для США, ЮАР, Канады, Австралии и Индии. Основная причина этого — постоянное увеличение глубины разработки на шахтах большинства стран. При этом из-за возрастающего горного давления наиболее рациональной является отработка пластов узкими полосами (лавами) с применением крепей с высоким рабочим сопротивлением. Это, в первую очередь, относится к пластам с неустойчивой кровлей. При возрастающем горном давлении и разработке короткими забоями становится необходимым увеличение размеров целиков, оставляемых для поддержания кровли до такой величины, соотноше-

ние которой с сечением камер не обеспечивает уже экономической работы, поскольку чем больше размеры угольных целиков, тем больше эксплуатационные потери.

Ужесточение требований к соблюдению правил техники безопасности также существенно повлияло на увеличение числа длинных забоев в США. Так, в США и Австралии за последнее десятилетие доля добычи угля из длинных очистных забоев в общей подземной добыче этих стран увеличилась соответственно до 22 и 30%.

Месячная добыча участка при камерной системе с использованием короткозабойных комбайнов достигает 60—70 тыс. т рядового угля, а месячная добыча лавы, оснащенной узкозахватным очистным комбайном и щитовой механизированной крепью, доходит до 200 тыс. т рядового угля. Наиболее высокие нагрузки на комплексно-механизированные лавы достигнуты на шахтах ЮАР, ФРГ, США и Австралии (табл. 23). В США на шахте «Доббин» еще в 1984 г. в лаве по пласту мощностью 2,85 м и длиной 165 м за сутки было добыто около 22 тыс. т рядового угля при суточном подвигании 30 м.

В качестве выемочных машин в лавах основных угледобывающих стран используются очистные узкозахватные комбайны. Поскольку шахты ФРГ разрабатывают мягкий уголь, там широко применяются и струговые установки. В основном применяются комбайны с приводами мощностью 150—360 кВт и более, оснащенные двумя шнеками с горизонтальной осью вращения, смонтированными на регулируемых по мощности пласта редукторах. Комбайны передвигаются по раме забойного конвейера.

В последние годы в Великобритании на тонких пластах начали применять комбайны с размещением их корпусов в уступе забоя лавы. Широко внедряются комбайны с бесцепной системой подачи.

Среди стругов преобладают установки с подконвейерной плитой и размещением тяговой цепи с завальной стороны конвейера, такие как струг «Райсхакенхобель». Струги без подконвейерной плиты и с размещением тяговой цепи в направляющей с забойной стороны конвейера, прежде всего струги «Гляйтхобель», нашли применение лишь в США и ФРГ. Для выемки тонких пластов, особенно таких, на которых нельзя применять струговые установки, на шахтах ЧСФР иногда применяются простые по конструкции, но менее производительные скрепер-струги.

На каменноугольных шахтах США, ЮАР, Австралии и Канады механизированными крепями оснащены все лавы, в ФРГ и Великобритании — почти все, в Польше и Франции — большая часть. Наиболее широко применяемым типом механизированной крепи является щитовая, которой оснащено более 80% лав в США и ФРГ.

Характеристика комплексно-механизированных лав с максимальной среднесуточной (сменной) нагрузкой

Показатели	Мощность пласта, м						
	<1	1,0-1,4	1,4-1,8	1,8-2,2	2,2-2,8	>2,8	
<b>ФРГ</b>							
Угол падения пласта, град	4	6	9	6	5	12	
Длина лавы, м	223	221	303	290	252	302	
Выемочная машина	Струг	Струг	Струг	Комбайн с двумя регулируемыми шнеками	Два комбайна с двумя регулируемыми шнеками	302	
Крепь	Щитовая	Щитовая	Щитовая	Щитовая	Щитовая	Щитовая	
Среднесуточная нагрузка, т товарного угля	2978	3044	3881	5000	4381	5730	
<b>Великобритания</b>							
Порядок отработки	Прямой	Прямой, обратный	Прямой	Прямой	Прямой	Обратный	
Среднесуточная нагрузка, т	2071	2459 3639	2879	3149	3424	6794	
<b>Франция</b>							
Угол падения пласта, град	35	14	—	—	—	—	
Длина лавы, м	—	212	—	—	112	—	
Выемочная машина	Струг	Комбайн «Сириус»	—	—	—	Комбайн «Панда»	
Крепь	Щитовая	Щитовая	—	—	—	МРГ	
Среднесуточная нагрузка, т	1000	2940	—	—	3300	5000	
<b>США</b>							
Длина лавы, м	—	201	300; 213	221	183	—	
Выемочная машина	—	—	Комбайн 4LS	—	Комбайн 3LS	—	
Среднесуточная нагрузка, т	—	—	14 500	—	14 600	—	
Сменная нагрузка, т	—	1150	—	1315	—	—	
<b>ЧСФР</b>							
Мощность пласта, м	0,88	1,3	—	—	2,2; 2,3	3,4	
Длина лавы, м	155	133	—	—	120; 217	103	
Выемочная машина	Комбайн KSV6	Комбайн 1K101	—	—	—	—	
Крепь	DVP6	DVP11	—	—	—	—	
Среднесуточная нагрузка, т	1113	1001	—	—	1014; 2653	2273	

## Механизированная выемка угля на шахтах ФРГ

Достигнутые высокие технико-экономические показатели подземной добычи угля объясняются реконструкцией и объединением групп шахт в угледобывающие предприятия с высокой производственной мощностью, концентрацией горных работ, широким внедрением новой горной техники в очистных и подготовительных забоях, средств основного и вспомогательного подземного транспорта и шахтной поверхности, а также организационно-техническими мероприятиями. В качестве примера можно привести шахту «Монополь» концерна «Рурколе», на которой в 1975—1985 гг. проведена реконструкция с прирезкой нового шахтного поля и внедрены организационно-технические мероприятия, позволяющие добывать около 10 тыс. т товарного угля в сутки на глубине 1200—1400 м. На шахте были проведены вертикальные, наклонные и горизонтальные (полевые и по пласту) выработки большого сечения, оборудованы вертикальный подъем скипами с полезным грузом 38 т (производительность скипового подъема 1200 т/ч), монорельсовые дороги для доставки людей и материалов, смонтирована действующая в настоящее время стационарная установка охлаждающей мощностью 5,8 МВт/ч, реконструированы технологический комплекс поверхности шахты, система углеобогащения и др.

Работы ведутся в пяти лавах. Среднесуточная нагрузка на лаву на пласте «Маузегатт» составляет 3000—4000 т товарного угля, а суммарная суточная нагрузка на четыре лавы по пласту «Цольферайн» — 5000—6000 т товарного угля при работе стругов скользящего действия. При мощности пласта свыше 2 м применяются очистные комбайны EDW-300L или EDW-150—2W2L. Способ управления горным давлением — полное обрушение кровли. Работы ведутся по прямоточной, а также по Z-образной схеме проветривания при условии повторного использования выемочных штреков. Длина лав колеблется от 200 до 250 м.

В ФРГ наблюдается тенденция непрерывного роста длины лавы и других параметров лавы. С 1965 г. до 1990 г. средняя длина лавы увеличилась на 40%, нагрузка — почти в 4 раза, производительность труда рабочего лавы — более чем в 3 раза при сокращении числа лав почти в 6 раз.

Одним из существенных факторов, способствующих улучшению показателей работы угольной промышленности ФРГ, является увеличение разрабатываемой мощности пласта за счет значительного сокращения работ на тонких пластах и почти полного прекращения добычи угля из крутых пластов (добыча из тонких пластов мощностью до 1,2 м составляет менее 9%, из пластов с углом падения 36—90° — около 2%). Несмотря на это, содержание пустых пород в рядовом угле, а следовательно, и доля отходов остались высокими (49% в 1985 г.).

Показатели работы комплексно-механизированных лав приведены в табл. 24, из которой видно, что нагрузка на комбайновую лаву на 30% выше, чем на струговую.

Таблица 24

Динамика показателей работы комплексно-механизированных лав

Способ выемки угля	Число лав		Доля добычи, %		Среднесуточная нагрузка на лаву, т	
	1988 г.	1989 г.	1988 г.	1989 г.	1988 г.	1989 г.
Комбайновый	81	77	53,4	55,3	1915	1996
Струговой	90	80	46,4	44,6	1506	1540

На шахтах ФРГ используются в основном двухшнековые комбайны с симметрично размещенными по концам корпуса шнеками (87%). Возрастает энерговооруженность комбайнов — 45% работающих комбайнов имеют мощность привода 328—512 кВт. Наибольшее распространение получили полностью электрические комбайны: EDW-150-2L2W (30%), EDW-300L (27%), EW-300L (8%) и EDW-300LN (7%). Почти 55% всех комбайнов оснащено двумя механизмами подачи. На комбайнах установлены в основном шнеки диаметром 1600—1900 мм с шириной захвата 800—900 мм.

Фирма «Эйкгофф» разработала новый комбайн EDW-300LN (рис. 5), предназначенный для выемки угля на пластах мощностью от 0,8 до 1,7 м с углом падения до 12°. Комбайн, расположенный в уступе забоя, перемещается двумя электрическими механизмами подачи. Корпус комбайна с помощью портала опирается на задний борт конвейера. Рейка бесцепной системы подачи (БСП) «Эйкотрак» может размещаться с забойной или завальной стороны конвейера. Комбайн имеет две лыжи, которые опираются на зачистной лемех, закрепленный на конвейере. Под корпусом комбайна имеется гидравлическая стабилизирующая опора. Рейка БСП, расположенная с забойной стороны, выполнена как единый узел с зачистным лемехом. Передний шнек, диаметр которого соответствует мощности пласта, вынимает уголь для прохода корпуса комбайна, а задний — оставшийся уголь у кровли. Общая установленная мощность комбайна 335 кВт, мощность привода шнеков — 300 кВт, ширина захвата 0,8—1 м, а высота комбайна при расположении рейки БСП с забойной стороны 0,6—1,0 м и с завальной — 0,7—1,0 м. Устойчивость комбайна обеспечивается опорной лыжей с гидродомкратами, регулирующими ее положение относительно почвы. Комбайн оборудован электронной системой управления.

В 1990 г. изготовлено 19 комбайнов EDW-300LN, из которых 14 эксплуатируются на шахтах ФРГ, 3 — на шахте «Уистоу» в Великобритании и 2 — в США.

Новый комбайн EDW-380/760L предназначен для выемки угля на пластах мощностью 1,35—4,00 м. Особенность этого комбайна — единый корпус для режущей части и электрическо-

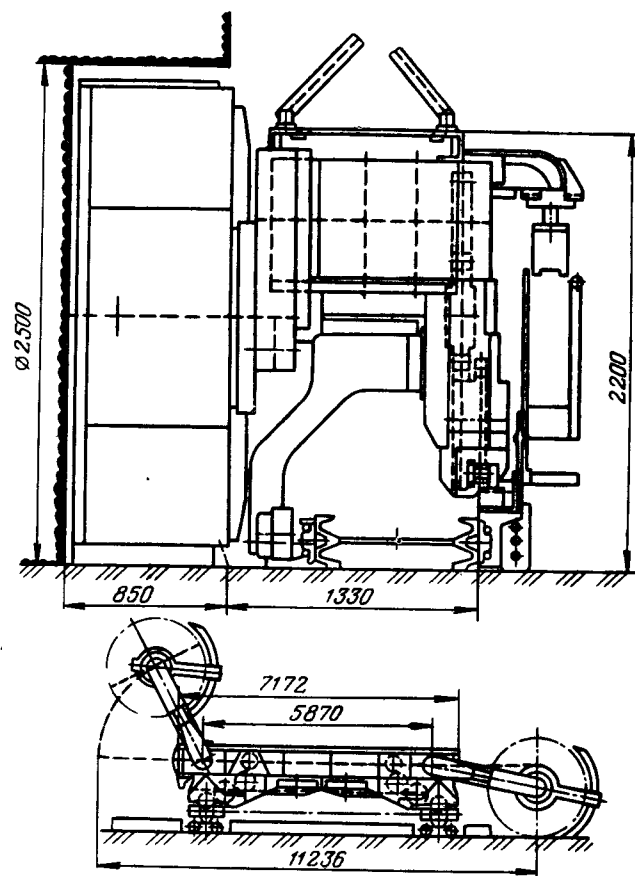


Рис. 5. Очистной комбайн EDW-300LN фирмы «Эйкгофф». Размеры даны в мм

го механизма подачи. Энергоблок имеет исполнения с одним (комбайн EDW-380L) и двумя (комбайн EDW-380/760L) электродвигателями. Предусмотрена возможность использования дробилки. Все соединительные кабели встроены в корпус машины и не требуют дополнительной защиты. Напряжение — 3,3 кВ, мощность — 760 или 380 кВт. Этот комбайн поставляется в ЮАР и Австралию.

Комбайн EDW-230-2L2W оснащен двумя двигателями с водяным охлаждением, размещенными непосредственно в пово-

ротных редукторах. Благодаря этому длина комбайна меньше, чем у других машин аналогичной мощности. Обеспечена легкая замена двигателей. Комбайн перемещается с помощью бесцепной системы подачи «Эйкотрак». Два электрических механизма подачи «Эйкотроник» приводятся в движение двумя отдельными регулируемыми двигателями постоянного тока с водяным охлаждением мощностью 23 кВт. Новые двухступенчатые планетарные передачи в поворотных редукторах обеспечивают снижение частоты вращения шнеков до 23 мин<sup>-1</sup>. В комбайне орошение осуществляется через полый вал; комбайн может быть оснащен зачистным щитком. Гидроцилиндры подъема и опускания поворотных редукторов расположены с забойной стороны. Установленная мощность — 511 кВт, мощность привода шнека — 230 кВт, рабочее напряжение — 1000 В, вынимаемая мощность пласта — 1,6—3,6 м, диаметр шнеков — 1500—2000 мм, длина поворотного редуктора — 1714 мм, высота комбайна — 1200—1600 мм, ширина захвата — 850—1000 мм, усилие подачи — 300—400 кН, скорость подачи — 500—380 м/ч, длина комбайна — 8,9 м, масса — 35 т.

Фирмой «Эйкгофф» создан одношнековый комбайн ESA-150K, предназначенный для работы на концевых участках лав, для проведения штреков общим забоем с лавой. Конструкция этого комбайна массой 23 т позволяет с помощью гидродомкратов приподнимать корпус машины на некоторую высоту, перемещать его в нужном направлении, достигать высоты резания 4,1 м. Электродвигатель мощностью 150 кВт приводит в действие шнековый исполнительный орган, систему гидравлического управления и механизм подачи. Подобные машины фирмы «Андерсон Стресклайд» (Великобритания) имеют максимальную высоту резания 3,1 м при установленной мощности привода 200 кВт.

Фирма «Эйкгофф» дополнила серию одношнековых комбайнов типа ESA комбайном повышенной энерговооруженности ESA-300L, который может в зависимости от высоты рейки и диаметра шнека работать на пластах мощностью до 3,8 м. Комбайн оснащен поворотным редуктором с углом поворота до 360°. Электродвигатель привода резания мощностью 300 кВт имеет поперечное расположение. Впервые на комбайне типа ESA применен электрический механизм подачи «Эйкотроник» с рейкой, расположенной с завальной стороны. Предусмотрена возможность радиоуправления. При отработке коротких лав обратным ходом комбайн ESA-300L благодаря небольшой длине может выезжать на штрек шириной не менее 4900 мм и перемещаться вместе с конвейером, таким образом исключается холостой проход.

На шахтах ФРГ работает около 80 лав, оборудованных струговыми установками с механизированной крепью. Среднесуточная нагрузка на них в 1990 г. превышала 1550 т.

В основном применяются струги фирмы «Вестфалия Люнен».

Струги 9-30V «Гляйтхобель» фирмы «Вестфалия Люнен» выпускаются двух типов. У стругов типа «2» почвенные резцы расположены в центре корпусов, оснащенных погрузочными и забойными резцами. Регулировка почвенных резцов по высоте осуществляется наклоном направляющих.

У стругов типа «4» почвенные резцы установлены на внешних концах корпусов и к ним имеется хороший доступ. При соединении цепи посередине размеры ниш значительно сокращаются. Почвенные резцы по высоте регулируются также, как у струга «Райсхакенхобель», с помощью поворотных сегментов без изменения толщины стружки.

Струги обоих типов могут быть оснащены надставными балками и опорными порталами и с помощью проставок могут приспособляться к различной мощности пластов.

Для отработки тонких пластов фирмой «Вестфалия Люнен» создан струг типа  $\frac{4}{3}$  «Курцхобель», который может работать без портала. По конструктивным особенностям различают семь типов направляющих для стругов «Гляйтхобель» этой фирмы.

При рациональном использовании струговой техники в лавах на пластах мощностью до 1 м достигается суточная нагрузка 3000 т и более.

На шахте «Министр Ахенбах» в эксплуатации находились два струга фирмы «Вестфалия Люнен» типа «Гляйтхобель» (рис. 6). Струг обладает высокой стабильностью и хорошей управляемостью. Трехсекционная опорная рама струга скользит не по почве, а между уложенными на почве плитами и конвейером. При этом решетки со стороны выработанного пространства приподняты на высоту опорной рамы струга. Плиты выступают от передней кромки решетки по направлению к плоскости забоя, создавая определенную глубину резания струга. Плита, по которой скользит рама, со стороны выработанного пространства связана с направляющей струга, конвейером и устройством передвижки. Пластины направляющей струга охватывают трубчатую направляющую с возможностью сдвига в продольном направлении на 100 мм. Тем самым обеспечивается необходимая подвижность плит относительно друг друга и конвейера. Управление стругом по высоте осуществляется изменением угла наклона плит с помощью специального устройства, которое представляет собой подъемный механизм, приводимый в действие гидравлическим цилиндром. Корпус струга имеет диапазон регулирования по высоте от 680 до 1850 мм при высоте установки со стороны выработанного пространства всего 440 мм. Калибр тяговой цепи 34×126 или 26×92 мм.

При номинальной мощности привода 2×132 кВт и скорости

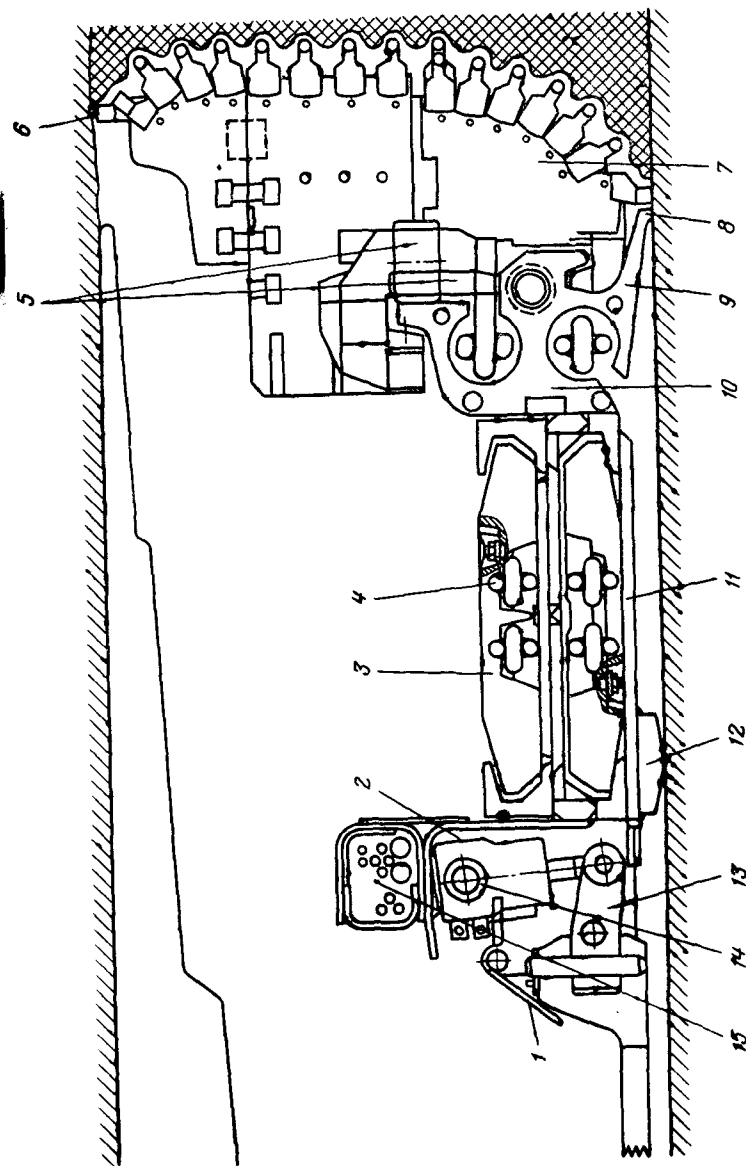


Рис. 6. Компактный струг КНС 2: 1 — система индикации; 2 — навесной борт; 3 — скребок; 4 — скребковая цепь; 5 — ролики; 6 — резец; 7 — режущий башмак; 8 — скребковая опора; 9 — погрузочный полок; 10 — направляющая струга; 11 — желоб конвейера; 12 — поворотная опора; 13 — карданный механизм; 14 — цилиндр; 15 — кабельный канал



движения струга 1,78 м/с толщина стружки составляет 60 мм. Среднесуточная добыча товарного угля из лавы при трехсменной работе составляет 2287 т, коэффициент использования струга — 42%, а производительность труда рабочего по лаве — 50 т/чел.-смену.

Струговая установка «Гляйтшвертхобель» GS34/N эксплуатируется также на шахте «Рыдултовы» в Польше в лаве длиной 180 м на пласте мощностью 1,3—1,6 м. Достигнута среднесуточная нагрузка на лаву 2000 т товарного угля, производительность труда рабочего по лаве — около 45 т/чел.-смену.

Широкое распространение ко второй половине 80-х гг. получили щитовые крепи. Преимуществами их являются разгрузка стоек от изгибающих моментов, повышенный начальный распор стоек (до 80—90% рабочего), повышенная раздвижность секций оградительно-поддерживающего типа за счет «принципа рычага», а для малых типоразмеров — за счет наклонного положения стоек и др.

Но основное преимущество щитовой крепи — лучшая защита рабочего пространства лавы от обрушивающихся пород кровли, что обеспечивает непрерывность ведения очистных работ и нечувствительность крепи к вывалам. Другими словами, при нарушенной кровле передвижка крепи не требует дополнительных затрат времени, в то время как при применении крепей с рамными секциями затраты времени на передвижку секций при вывалах из кровли возрастают в 7 раз. На шахтах ФРГ в лавах со щитовыми крепями уровень травматизма в 1,6 раза ниже, чем в лавах, оснащенных поддерживающими крепями с рамными и кустовыми секциями.

Основными недостатками щитовой крепи являются повышенные металлоемкость и затраты на ее изготовление, выполнение монтажно-демонтажных работ. Щитовые секции имеют значительные габариты, затрудняющие их транспортирование по выработкам шахт, так как шаг установки секций почти у всех щитовых крепей равен 1,5 м.

Однако опыт применения щитовых крепей показывает, что за счет повышения нагрузки на лаву и увеличения срока службы добыча угля одним лавокомплектом щитовой крепи за весь срок его службы достигает 4—5 млн т рядового угля, что в несколько раз превышает добычу при использовании крепей других типов.

Если в качестве критерия сравнительной оценки эффективности применения механизированных крепей принять суммарные затраты на изготовление, эксплуатацию, включая техническое обслуживание, ремонт и монтаж-демонтаж лавокомплекта крепи с выдачей на поверхность для ремонта, отнесенные к общей добыче угля с использованием этой крепи за весь срок ее службы, то окажется, что суммарный расход металла и амортизационные отчисления на 1 т добытого угля значитель-

но ниже, чем при использовании крепей с рамными и кустовыми секциями.

Фирма «Хемшайдт» выпускает щитовые крепи нескольких типов (для пластов мощностью от 0,8 до 5 м), получивших промышленное применение как в ФРГ, так и в других странах (США, Франция, Испания, Польша, ЧСФР, Югославия и др.).

Двухстоечная щитовая крепь G-300-5/15, предназначенная для тонких пластов, имеет минимальную высоту 500 мм и максимальную — 1500 мм, сопротивление стойки — 1600 кН, начальный распор — 1211 кН, несущая способность секций — 2556—2726 кН. Крепь получила применение на шахтах ФРГ и за ее пределами. Применение ее на шахте «Нидерберг» на пологом пласте «Маузегайт» мощностью 0,65—0,80 м в комплексе со стругами отрывного действия позволило повысить нагрузку на лаву.

Двухстоечная щитовая крепь G-320-12/27 предназначена для пластов средней мощности. Высота секции — 1200—2700 мм, несущая способность — 3085 кН. Крепь работает в комплексе с комбайном на шахте «Генрих Роберт» на пласте мощностью 1,6—2,2 м с углом падения до 9°. Эта крепь широко применяется на шахтах Канады в комплексе с комбайнами.

Четырехстоечная поддерживающе-оградительная крепь G640-16,5/33 предназначена для работы на пласте мощностью 2,5—2,8 м, в кровле которого залегают массивные песчаники. Для восприятия динамических нагрузок при горных ударах стойки оснащены специальными предохранительными клапанами. Верхнее перекрытие выступает консольно в сторону выработанного пространства для защиты ограждения от повреждений при вывалах породы из кровли. Крепь эксплуатируется на шахте «Бошеспрейт» (ЮАР).

Двухстоечная поддерживающе-оградительная щитовая крепь KG-340-7/21 с выдвижной консолью верхнего перекрытия предназначена для крепления кровли на пластах мощностью 0,7—2,1 м. Рабочее сопротивление секции крепи 1697 кН. Заднее ограждение секции связано с основанием из двух половин с помощью четырехзвенных шарниров и шарнирно с верхним перекрытием с помощью двух гидроцилиндров.

Четырехстоечная щитовая крепь G-400-19/41 предназначена для пластов мощностью 1,9—4,1 м с рабочим сопротивлением секции 1600 кН, щитовая двухстоечная крепь G-550-22/60 — для пластов мощностью 2,2—6,0 м с рабочим сопротивлением секции 2730 кН и начальным сопротивлением 2250 кН. Отличительными особенностями крепи G-550-22/60 являются регулирование положения заднего ограждения секции с помощью трех гидравлических цилиндров, связанных с основанием секции и задним ограждением и обеспечивающих совместно с гидростойками необходимую высоту секции, а также наличие на верхнем перекрытии гидравлически управляемой консоли с вы-



движным с помощью трех гидроцилиндров основным козырьком и шарнирным вспомогательным.

Щитовые крепи типа BV 4700-12,5/24 и BV 4640-17/33 предназначены для крепления лав, обрабатываемых с пневматической закладкой выработанного пространства, в которых на задней консоли верхнего перекрытия предусмотрены устройства для подвески закладочного трубопровода со специальными затворами для выпуска закладочного материала.

Двухстоечная щитовая крепь G-320-20/30 фирмы «Хемшайдт» предназначена для работы на мощных пластах с выпуском угля из подкровельной толщи при выемке короткими или длинными забоями. Рабочее сопротивление крепи — 728 кН/м<sup>2</sup>. Залегающий в кровле уголь в зависимости от его структуры либо самопроизвольно обрушается, либо его взрывают. Выпускаемый через люк в верхней части ограждения уголь по лотку поступает непосредственно на забойный конвейер. Для его дозировки крышка люка гидрофицирована, открывается и закрывается по мере необходимости.

Для улучшения выпуска угля может устанавливаться актиuator. Крепь может работать с ручным, одно- и двусторонним управлением или пилот-управлением. Минимальная высота секции — 2000 мм, максимальная — 3000 мм, сопротивление стойки при начальном распоре — 1216 кН, номинальное — 1596 кН, максимальная несущая способность секции крепи — 2900 кН. Крепь успешно работает на лигнитовой шахте в Венгрии.

Фирма «Вестфалия Люнен» выпускает двух- и четырехстоечные механизированные щитовые крепи оградительно-поддерживающего типа для пластов мощностью 0,8—3,0 м, предназначенные для работы в основном со струговыми установками. Четырехстоечные крепи имеют параллельное расположение стоек в одном ряду (крепь BS2,1P), U-образное (крепь BS2,1V), X-образное (крепь BS2,1X), для тонких пластов выпускаются двухстоечные крепи WS1,7, WS1,7X и WS1,3.

На шахте «Монополь» эксплуатируется двухстоечная щитовая крепь WS 1,7, секции которой оснащены автоматической системой синхронного управления выдвижными консолями. Диапазон раздвижности крепи — 0,7—2,1 м. При давлении в гидросистеме 40 МПа сопротивление крепи составляет 406,5 кН/м<sup>2</sup>, распорное усилие стойки — 1600 кН; усилие подпора кровли на конце консоли после ее выдвижения уменьшается со 104 до 62 кН, усилие выдвижения консоли при давлении в гидроцилиндрах 32 МПа составляет 299,4 кН. За время эксплуатации получены следующие показатели: среднесуточная скорость подвигания забоя — 5,66 мм, среднесуточная нагрузка на забой — 1767 т товарного угля. Применение крепи с выдвижными консолями и с автоматической системой синхронного управления позволило значительно уменьшить рас-

стояние между перекрытиями и забоем, а также снизить вероятность вывалов породы.

Фирма «Клёрнер Бекорит» изготавливает двух- и четырехстоечные щитовые крепи с минимальной конструктивной высотой 0,48 м. Максимальная высота в раздвинутом положении у крепи для мощных пластов достигает 6 м. Гидростойки могут быть двойной и тройной раздвижности. Крепи предназначены для работы как с комбайном, так и со стругом.

Двухстоечная щитовая крепь Н 0,48—1,36/Н 0,5 для тонких пластов имеет высоту секции в сдвинутом состоянии 480 мм и максимальную — 1350 мм, номинальное сопротивление стойки — 1368 кН.

Стойки двухстоечной щитовой крепи Н 0,75—1,8 — тройной раздвижности, основание крепи имеет шарнирные носки, что позволяет использовать их на слабых почвах. Крепь оснащена системой синхронного управления, выдвижной частью верхнего перекрытия и конвейера.

Двухстоечная щитовая крепь S 0,9—2,7 также имеет стойки тройной раздвижности и шарнирные носки. Высота секции в сдвинутом состоянии — 900 мм, а максимальная высота — 2700 мм, номинальное сопротивление стойки — 1649 кН. Двухстоечная щитовая крепь S 1,016—2,286 оснащена микропроцессорной системой управления MPS 4A с центральным параметрическим блоком, имеет стойки с номинальным сопротивлением 2209 кН. Двухстоечная щитовая крепь S 1,88—4,54, охватывающая мощность пластов до 4,5 м, имеет высоту в сдвинутом состоянии 1180 мм и стойки двойной раздвижности с номинальным сопротивлением 2614 кН. Для приподъема основания секции при ее передвижке в крепи предусмотрен гидротрактор, взаимодействующий с балкой передвижения. Двухстоечная щитовая крепь S 2,8—5,5 для мощных пластов имеет стойки двойной раздвижности с номинальным сопротивлением 3040 кН. Стойки четырехстоечной щитовой крепи S (0,83) 1,19—2,8 также двойной раздвижности, номинальное сопротивление — 1064 кН.

Для лав, работающих с пневмозакладкой выработанного пространства, фирмой «Клёрнер Бекорит» создана крепь Н 1,4—2,8, предусматривающая укладку закладочного материала с применением опорной стенки высотой 1000 мм. Закладочная стенка монтируется по всей длине лавы за крепью и состоит из 42 отдельных блоков, каждый из которых, в свою очередь, перекрывает четыре секции крепи. Крепь эксплуатируется на шахте «Хаус Аден» (ФРГ).

Основными фирмами в ФРГ, изготовляющими скребковые конвейеры для внутренних нужд и поставки в другие страны, являются «Хальбах унд Браун», «Вестфалия Люнен», «Клёрнер Бекорит».

На шахтах применяются в основном скребковые конвейеры

с центрально размещенной сдвоенной цепью (70%) при комбайновой выемке угля и значительно в меньшей степени (17%) конвейеры с цепями, размещенными в направляющих (струговые установки); доля одноцепных конвейеров составляет около 13%. В скребковых конвейерах преимущественно используют решетки с толщиной среднего листа 25—30 мм, открытой нижней ветвью и массой 300—400 кг при длине решетки 1500 мм (87% всех конвейеров) и решетки массой 400—500 кг (в лавах длиной более 200 м). Более половины конвейеров в комбайновых и струговых лавах оснащены двухскоростными электродвигателями с переключением полюсов, на остальных установлены односкоростные электродвигатели с гидромуфтами.

В эксплуатации находятся электродвигатели скребковых конвейеров мощностью: 110 кВт — в лавах относительно небольшой длины с невысокой суточной нагрузкой; 2×160 кВт — в лавах длиной до 250 м с суточной нагрузкой до 3 тыс. т; 2×250 и 3×250 кВт — в лавах длиной до 300 м с суточной нагрузкой 4—7 тыс. т.

При мощности двигателя 250 кВт и более и номинальном напряжении 1000 В возникает необходимость в использовании гидродинамических муфт, особенно для улучшения условий пуска загруженных конвейеров.

В скребковых цепях используются прутки диаметрами 22 мм (двойная цепь в направляющих решетках), 26, 30 и 34 мм (в мощных конвейерах). Долговечность скребковых цепей обеспечивается за счет применения специальных сталей, оцинкования, предотвращения коррозии металла, смазывания направляющих при их эксплуатации и других мероприятий. Так, на шахте «Варндт» компании «Саарбергверке» в середине 1982 г. все забойные конвейеры переоснастили оцинкованными сдвоенными центрально размещенными цепями размером 26×92 мм, что увеличило срок их службы в среднем на 80% и одновременно сократило число повреждений на 90%.

В связи с увеличением длины лав имеется тенденция увеличения длины конвейера. Фирма «Клэкер Бекорит» изготовила для шахты «Министр Штайн» для лавы длиной 345 м конвейер с двумя центральными цепями калибра 34 мм с профилем решетки 264 мм. Мощность привода конвейера — 4×200 кВт, скорость движения цепи — 1,1 м/с, производительность — 600—700 т/ч.

Продолжаются работы по совершенствованию угловых скребковых конвейеров и конвейеров с боковой разгрузкой угля. Все вновь вводимые в эксплуатацию лавы в США оснащаются конвейерами с боковой разгрузкой, которые поставляются фирмами ФРГ и Великобритании. Ведутся разработки по механизации операций по наращиванию и укорачиванию лавных скребковых конвейеров.

В США работают 62 конвейера, изготовленные в ФРГ, из

которых 34 конвейера фирмы «Хальбах унд Браун», 16 — фирмы «Вестфалия Люнен», 12 — фирмы «Клэкер Бекорит». Из 62 конвейеров только семь конвейеров — одноцепные (шесть работают с цепью калибра 38 мм, один — с цепью калибра 30 мм), остальные — двухцепные с цепями калибра 26, 30 и 34 мм.

Фирмой «Хальбах унд Браун» создан конвейерный привод мощностью 350 кВт с бесступенчатым регулированием скоростей. Фирма выпускает конвейеры с решетками шириной 800—1000 мм со средней производительностью 1000—1200 т/ч, а также высокопроизводительные одноцепные конвейеры с цепью калибра 42 мм и решетками шириной 1000 мм. Мощность привода конвейера 660 кВт, производительность 2400 т/ч при 25% породы в транспортируемой массе угля. По данным фирмы ресурс решеток конвейера 3,0—4,5 года при 20—25% породы в транспортируемой массе. Ресурс решетки Е-82 — 4 млн т транспортируемой массы. Стоимость одного конвейера — около 1 млн марок; 30% выпускаемых фирмой решеток используется в качестве запасных частей.

Конвейеры фирмы «Хальбах унд Браун» используются на шахтах ФРГ и других стран; их доля на рынке в ФРГ — 60%, во Франции — 80%, в Испании — 20—30%, в Великобритании — 30%, в США — 45%, в Канаде — 40% и в ЮАР — 40%.

Угловой конвейер «Ролленкурве» этой фирмы работает с комбайном на шахте «Министр Ахенбах» (ФРГ), а со стругом «Компактхобель» — на шахтах «Лоберг» и «Хаус Аден». Фирма ежегодно продает 7—10 угловых конвейеров. В ФРГ работает 16 лав с угловыми конвейерами на пластах с углом падения 0—15°. Распространению угловых конвейеров препятствует широкое использование двухцепных конвейеров (с центрально размещенной цепью и с цепями в направляющих), от которых многие эксплуатационники не хотят отказаться, чтобы перейти на одноцепные конвейеры с цепями калибра 34, 38 и 42 мм.

### *Механизированная выемка угля на шахтах Великобритании*

В Великобритании средняя длина лавы превышает 220 м; нагрузка на лавы, обрабатываемые обратным ходом, в среднем на 20% выше, чем обрабатываемые прямым ходом при сплошной системе разработки. Наиболее высокие показатели достигаются в лавах с оборудованием тяжелого типа; среднесуточная нагрузка на лаву (38 лав) — 2835 т, в том числе при прямом порядке отработки 2241 т, при обратном (25 лав) — 3190 т.

На шахтах Великобритании преимущественно применяются (около 50%) очистные комбайны с одним регулируемым по высоте шнеком (пласты мощностью 0,96—2,50 м), которые в основном работают в лавах, обрабатываемых по сплошной систе-

ме. На пластах мощностью 1,5—2,7 м нашли применение комбайны с двумя регулируемыми по высоте шнеками (около 20%), работающие с рамы конвейера, и на пластах мощностью 0,8—1,3 м — комбайны с двумя регулируемыми шнеками, работающие с почвы пласта (около 10%).

Во многих лавах (более 50%), отрабатываемых прямым ходом, работают по два и даже три комбайна; в лавах, отрабатываемых обратным ходом, применяют один комбайн. Комбайны с регулируемыми по высоте шнеками выпускаются в основном с поворотными редукторами, за счет чего обеспечивается безнишевая выемка угля по концам лавы.

Фирма «Андерсон Стресклайд» выпускает комбайн АМ420 для тонких пластов, работающий с почвы. На шахте «Уитвелл» среднесуточная нагрузка на лаву с таким комбайном, отрабатывающую пласт мощностью 1 м, составила 550 т и производительность труда — 18,6 т/чел.-смену.

Для работы на слабых почвах были модернизированы опорная рама комбайна и захваты на завальной стороне. На шахте «Саттион» на пласте мощностью 1,12 м с углом падения 30° в лаве длиной 240 м, отрабатываемой прямым ходом, была достигнута сменная нагрузка 470 т и производительность труда рабочего 24,8 т/чел.-смену.

На тонких пластах (1,1 м) рекордная нагрузка на лаву достигнута на шахте «Силверхилл»<sup>1</sup> с применением комбайна «Трепаннер» мощностью 200 кВт фирмы «Андерсон Стресклайд», работающего с почвы пласта. В лаве длиной 274 м, отрабатываемой прямым ходом, было добыто 30 529 т товарного угля (34 тыс. т рядового) за неделю. Здесь применялись конвейер с двумя цепями калибра 22 мм в направляющих и решетами с высотой профиля 222 мм, с двухскоростными двигателями мощностью по 150 кВт, и крепь, передвигающаяся по «заряженной» схеме.

Мощность привода комбайнов, предназначенных для обеспечения выемки крепкого угля с породными включениями, увеличена до 600—750 кВт и даже до 1000 кВт. Комбайны фирмы «Андерсон Стресклайд» с приводом такой мощности применяются на шахтах Великобритании и других стран (США, КНР, ЮАР, Австралии и др.).

Один из комбайнов фирмы «Андерсон Стресклайд» «Электра-550» с поперечным расположением электродвигателей исполнительных органов и электрическим приводом БСП имеет цельную раму и модульную конструкцию узлов, что позволяет производить их монтаж и демонтаж со стороны выработанного пространства. Этот комбайн для выемки угля на пластах мощностью 1,3—3,5 м работал в США в лаве длиной 183 м на

пласте мощностью 1,5—1,7 м. Выемка угля комбайном осуществлялась от вентиляционного штрека к конвейерному при скорости до 10,7 м/мин. Затем комбайн перегонялся к вентиляционному штреку со скоростью 16,8 м/мин, при этом производилась зачистка угля у почвы. Было добыто 808 тыс. т товарного угля при среднесменной нагрузке 2068 т.

Одна из последних разработок фирмы «Андерсон Стресклайд» — полностью электрифицированный узкозахватный очистной комбайн «Электра 1000», с установленной мощностью 1045 кВт. Он представляет собой вариант усиленного комбайна «Электра-550» с электродвигателями на поворотных редукторах режущей части. Комбайн предназначен для выемки пластов мощностью 1,4—6,0 м (в зависимости от модели); имеет высоту по корпусу 1100 мм, длину корпуса — 11 050 мм; минимальный диаметр шнеков — 1100 мм, частота их вращения — 34; 45; 54 мин<sup>-1</sup>. Мощность электродвигателей постоянного тока бесцепной системы подачи составляет 2×37 кВт; масса комбайна — 36 т, напряжение — до 3,3 кВ. Комбайн оснащен системой радиоуправления 24 операциями и блоками контроля и диагностики работы и состояния всей электроаппаратуры, включая электродвигатели.

Четыре комбайна «Электра 1000» проданы в США: в лаве длиной 282 м на пласте мощностью 2,3 м добывалось в среднем 2780 т/смену (штат Иллинойс).

Фирма «Бритиш Джеффри Даймонд» в последние годы также повысила энерговооруженность своих комбайнов. Так, комбайны «Суперматик» оснащены двигателями мощностью 300/375 кВт. Новый комбайн этой фирмы АСЕ мощностью 225 кВт для выемки угля на пластах мощностью 1,35—4 м оснащен микропроцессорной системой управления и системой диагностики. Конструкцией комбайна предусмотрен единый редуктор для режущей части и системы подачи.

Бесцепные системы подачи комбайнов, впервые созданные в Великобритании, в своей стране не находят такого широкого применения, как в ФРГ. Наибольшее распространение получили три системы: «Рэкатрек», «Пин уил» и «Ролл рэк». Разработанная фирмой «Бритиш Джеффри Даймонд» БСП «Малтидрайв» с двойной зубчатой рейкой также широко применяется.

По данным компании «Бритиш коул» к началу 1990 г. в 118 лавах применялись щитовые крепи (59% лав); добыча из этих лав составляла 71% общей добычи подземным способом. Щитовые крепи стали применяться не только на мощных пластах, как раньше, но и на пластах средней и малой мощности. Возросли их рабочее сопротивление и предварительный распор (в настоящее время рабочее сопротивление секции увеличено до 750 кН, а предварительный распор должен составлять 75% рабочего сопротивления).

<sup>1</sup> См. раздел «Шахтный и карьерный фонд».

Ведущие фирмы Великобритании по созданию и производству крепей — «Меко интернешнл» и «Галлик Добсон» почти полностью перешли на выпуск щитовых крепей. По схемным решениям крепи этих фирм не имеют принципиальных отличий.

Наиболее эффективными на практике признаны двухстоечные оградительные, трехстоечные поддерживающе-оградительные, четырехстоечные оградительные и поддерживающе-оградительные щитовые крепи, которые применяются наиболее часто, особенно на тонких пластах и пластах средней мощности. Для более мощных пластов используются, как правило, четырехстоечные поддерживающе-оградительные крепи с более высоким рабочим сопротивлением (рис. 7).

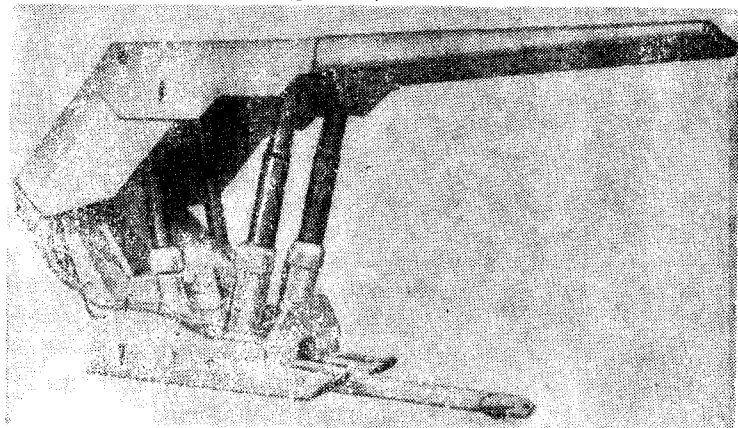


Рис. 7. Четырехстоечная поддерживающе-оградительная щитовая крепь с рабочим сопротивлением 7500 кН (высота 1500—3250 мм) фирмы «Меко интернешнл»

Разработаны и применяются «компактные» крепи, ограждение которых значительно меньше выступает за габарит перекрытия в завальную сторону, что не снижает общую жесткость и прочность секции.

Главным направлением при создании щитовых крепей фирмой «Меко интернешнл» является применение «заряженной» схемы передвижения секций для пластов малой и средней мощности с расположением людского хода до переднего ряда гидростоек. Впервые такая крепь модели 4/300 эксплуатировалась на шахте «Силверхилл» (Ноттингем) на пласте мощностью 1,1 м с неустойчивой кровлей. Лава длиной 274 м отрабатывалась комбайном «Трепаннер» фирмы «Андерсон Стресклайд» с двумя исполнительными органами, работающим с рамы забойного конвейера.

Четырехстоечная крепь 4/300 имеет основание катамаранного типа, половины которого соединены между собой осью шарнира верхнего рычага четырехзвенника. Со стороны выра-

ботанного пространства половины основания соединяются с ограждением тягами. Устойчивая нагрузка на лаву составила 11 000 т в неделю. В этой лаве был установлен рекорд для пластов такой мощности: за неделю было добыто 15 437 т угля при производительности труда 58,2 т/выход.

Крепь фирмы «Меко интернешнл» с расположенным впереди людским ходом, работающая по «заряженной» схеме (модель 4/410), была применена на шахте «Силвервуд» (Южный Йоркшир) в лаве с весьма неустойчивой кровлей, отрабатываемой прямым ходом. Нагрузка на лаву длиной 273 м при вынимаемой мощности пласта 1,8 м составила 15 000 т в неделю.

Фирма «Галлик Добсон» выпускает трехстоечные крепи поддерживающе-оградительного типа. Первая такая крепь 3/200 была разработана фирмой взамен кустовой 5/200. Крепь 3/200 имеет основание катамаранного типа, на передней траверсе которого расположена передняя стойка. Такая крепь имеет жесткое перекрытие с выдвижной передней консолью или без нее и может работать по «заряженной» схеме. Фирма уже поставила на внутренний рынок 16 лавокомплектов такой крепи.

Для пластов мощностью до 1,85 м создана также аналогичная усиленная (за счет качества сталей) крепь 3/255 при сохранении массы секции (4,5 т). Фирма «Галлик Добсон» создает крепи, работающие также по «заряженной» схеме с расположением людского хода перед передним рядом стоек. На двух шахтах в Южном и Северном Йоркшире прошли испытания лавокомплекты крепи 4/410. Одинаковые передние и задние стойки имеют неодинаковое рабочее сопротивление за счет применения различных клапанов (передняя стойка — 1125 кН, задняя — 925 кН). Крепь выпускается двух типоразмеров: с диапазоном раздвижности 850—1800 и 1150—2400 мм, имеет жесткое перекрытие с выдвижной передней консолью или без нее.

Фирмой «Галлик Добсон» созданы двухстоечные щитовые крепи с несущей способностью 787, 773, 822 и 890 кН/м<sup>2</sup> для пластов мощностью 1,2—2,7; 1,15—2,00, 1—1,8 и 1,35—3,00 м с рабочим сопротивлением стоек соответственно 2400, 2500, 2900 и 2760 кН. Основание секции типа катамаран снабжено специальным домкратом для подъема основания при передвижке с целью предотвращения запахивания основания в почву. Для работы с увеличенным захватом комбайна крепь комплектуется передним козырьком увеличенной длины. Секция имеет домкрат, связывающий ограждение с перекрытием, и боковые щиты (подпружиненные или с гидродомкратами) для перекрытия боковых зазоров.

Четырехстоечные крепи 4/500 и 4/990 с несущей способностью соответственно 720 и 1490 кН/м<sup>2</sup> для пластов мощностью

1,15—2,40 и 1,93—3,10 м имеют рабочее сопротивление стоек 1134 и 2250 кН.

В угольной промышленности Великобритании для забойных конвейеров применяют линейные решетки высотой профиля 190, 222 и 268 мм. На шахтах, как правило, применяют двухцепные тяговые органы с расположением цепей в направляющих. Решетки имеют закрытые днища. Калибр цепей 18—26 мм, минимальное разрывное усилие для калибра 18 мм — 450 кН, для калибра 22 мм — 610 кН, для калибра 26 мм — 850 кН. Ведутся работы по повышению прочности соединительных звеньев типа «серьга», которая в настоящее время составляет 80% прочности цепи.

Мощность стандартных конвейерных приводов колеблется в диапазоне 46—260 кВт. Двигатели обычно соединяются с редукторами через гидромфту. Создано натяжное устройство конвейерной цепи, размещаемое в редукторе и приводимое дополнительным гидромотором, питаемым от насосной станции крепи.

В соответствии с требованиями, разработанными в Великобритании, минимальный расчетный ресурс скребкового конвейера тяжелого типа должен составлять 3 млн т транспортируемой горной массы; в конвейере должны быть предусмотрены литые боковины увеличенной толщины наряду с прибавлением расстояния для прохода цепей между верхними и нижними направляющими каналами для возможности установки среднего листа из износостойкой стали толщиной 35 или 40 мм; соединения решеток и их концевые части должны иметь предел прочности 3000 кН, а также должны быть обеспечены высокой прочностью навесного оборудования: необходимы приводы с установленной мощностью 450, 600, 750 и 1045 кВт; редукторы должны передавать крутящий момент от двигателей, имеющих пусковой момент, в 2,7 раза превышающий момент при полной нагрузке, и иметь расчетный ресурс 15 тыс. ч; цепь должна иметь минимальный запас прочности 2:1 с учетом возможных режимов работы, определяемых характеристиками привода.

Основными поставщиками скребковых конвейеров тяжелого типа для шахт компании «Бритиш коул» являются фирмы «Меко интернешнл», «Валтекс», «Галлик Добсон» и «Уинстер майнинг».

Фирма «Меко интернешнл» выпускает конвейеры различной энерговооруженности (до 1050 кВт) и производительности (до 2500 т/ч). Для конвейеров производительностью более 1000 т/ч обычно применяются боковая разгрузка и лемехи-отражатели.

В 1990 г. на шахте «Келлингсли» испытывался конвейер тяжелого типа фирмы «Меко интернешнл» установленной мощностью 2×522 кВт с калибром типа 34 мм и размерами решеток 319×830 мм. Его двухскоростные двигатели работают на напряжении 3,3 кВ. Применены также соответствующие редукто-

ры с расчетным ресурсом 15 тыс. ч. Лава длиной 270 м отрабатывалась на пласте мощностью 2,8 м. Расчетная производительность конвейера составляла 1500 т/ч.

Фирма «Уинстер майнинг» выпускает конвейеры с различным исполнением тяговых органов, цепями калибра до 34 мм, приводами мощностью до 2×300 кВт. Конвейеры могут иметь обычную боковую разгрузку или угловое исполнение в зависимости от конкретных условий в лаве или требований заказчика.

Фирма «Андерсон Стресклайд», помимо комбайнов, выпускает конвейеры «Дредноут 1500» и «Дредноут 1000». Первый из них производительностью 1500 т/ч имеет приводы мощностью по 400 кВт, решетки с литыми боковинами, высотой профиля 232 и 270 мм и средним листом толщиной 35 мм из износостойкой стали. Предел прочности соединений решеток — 3000 кН. Конвейер имеет двухцепной тяговый орган с расположением цепей как в направляющих, так и в середине става. Для пластов мощностью более 1 м может применяться боковая разгрузка.

Конвейер «Дредноут 1000» производительностью 1000 т/ч имеет приводы мощностью до 2×335 кВт, высота профиля решеток составляет 210 мм, прочность соединений решеток — до 2500 кН. Тяговый орган двухцепной, цепи калибра 26 мм вынесены из направляющих. Верхняя часть решеток съемная, что позволяет производить замену наиболее изнашиваемых частей.

### *Механизированная выемка угля в длинных забоях США*

Угольные шахты преимущественно разрабатывают пологие малонарушенные пласты (0,915—4,200 м), залегающие на глубинах порядка 300 м. Породы кровли пластов в основном устойчивые, прочные, для управления ими в лавах применяют механизированные крепи с высоким рабочим сопротивлением (до 1300 кН/м<sup>2</sup>).

Вскрытие осуществляется штольнями или наклонными стволами для выдачи угля, транспортирования материалов и спуска-подъема людей, а также вертикальными людскими и вентиляционными стволами. Проведение вскрывающих и подготовительных выработок ведется почти исключительно по пласту, что представляет собой типичную одногоризонтальную схему подготовки.

В 1990 г. на шахтах 28 компаний находились в эксплуатации 95 комплексно-механизированных лав, в том числе 28 — в штате Западная Виргиния, 13 — в штате Пенсильвания, 12 — в штате Виргиния и 10 — в штате Алабама; на западные штаты приходилось 12 лав. Наибольшее число таких лав (21) имеется на шахтах компании «Консолидейшнл коул», за которой следу-

ет «Джим Уолтер ресорсиз» — 8 лав и «Айленд крик коул» — 7 лав. В 1989 г. были введены в эксплуатацию 9 лав и 6 лав прекратили работу. Часто на шахте имеется лишь одна лава, которая в зависимости от условий сбыта может работать при различном добычном режиме (от одно- до трехсменного). На новых шахтах уже на стадии проектирования предусматривается разработка лавами. Средняя длина лав составляет 200 м, но все чаще встречаются лавы длиной до 300 м; длина выемочных столбов иногда превышает 2000 м.

Отработка ведется почти исключительно в обратном порядке, выемочные штреки проводятся предварительно на всю длину столба группами из двух-четырех параллельных вентиляционных и конвейерных выработок. Выемочные штреки в большинстве случаев используются повторно. Штреки, непосредственно примыкающие к лаве, погашаются вслед за ее проходом. Выемочные штреки проводят короткозабойными комбайнами, работающими в комплексе с самоходными челноковыми вагонетками. Штреки прямоугольного поперечного сечения крепят анкерами. Ввиду оставления целиков между штреками эксплуатационные потери относительно высоки.

Очистное оборудование для лав США в основном закупается у фирм ФРГ и Великобритании. Одновременно машиностроительные фирмы США продолжают работу по созданию и внедрению такого оборудования. Значительно увеличилось число очистных комбайнов фирмы «Джой».

В 21 лаве работали комбайны «Андерсон Стресклайд», в 21 лаве — фирмы «Эйкгофф» и в нескольких — фирмы «Мицуи Миике».

Минимальная вынимаемая мощность пласта составляла 1,27 м, максимальная — 3,2 м. Во всех лавах, за исключением двух, применялись бесцепные системы подачи: в 29 — системы «Хальбах унд Браун» и в 39 — «Эйкгофф».

В 60 лавах используются конвейеры фирм ФРГ («Хальбах унд Браун», «Клэкер Бекорит», «Вестфалия Люнен»), в 23 лавах — конвейеры фирм США («Америкен-Лонгволл» и «Хьювуд-Ирвин»), в 10 лавах — фирмы «Меко интернешнл» (Великобритания). В основном применяются щитовые крепи фирм «Хемшайт», «Вестфалия Люнен», «Клэкер Бекорит», «Меко интернешнл» и «Галлик Добсон».

Основные требования угледобывающих фирм США к импортному оборудованию — повышенный ресурс и высокая надежность. Очистной комбайн до капитального ремонта должен добыть не менее 1 млн т угля: щитовые крепи после отработки выемочного столба длиной 2,0—2,5 км должны переводиться в следующий без капитального ремонта. Конструкции забойных конвейеров, применяемых в США, значительно прочнее, чем в Великобритании, и гарантийный срок их службы выше. Средний срок службы работающих на шахтах США механизирован-

ных крепей составляет 8,5 лет. Таким требованиям соответствуют очистные комбайны серии LS для пластов мощностью 1,3—4,2 м, изготавливаемые в США фирмой «Джой мэньюфакчуриг».

Комбайны 3LS и 4LS созданы на основе опыта эксплуатации комбайнов 1LS и 2LS, продолжающих работать в шахтах США. Однако они имеют более совершенные компоновочные решения, обеспечивающие упрощение обслуживания и ремонта основных узлов комбайна и повышающие его надежность.

Комбайн 1LS предназначен для пластов мощностью 1,3—2,7 м. Он оборудован двумя основными электродвигателями мощностью по 97 или 119 кВт, одним электрическим механизмом подачи с бесцепным движителем в виде рейки с вертикальными зубьями, закрепленной на завальной стороне лавного конвейера, электродвигателем механизма подачи мощностью 26 кВт.

Комбайн 2LS предназначен для пластов мощностью 2,20—4,26 м. Каждый основной его двигатель имеет мощность до 186 кВт, электродвигатели двух механизмов подачи — до 30 кВт каждый и электродвигатель насоса гидросистемы управления комбайном — 18,6 кВт. В бесцепной системе подачи приняты цевочное зацепление и рейка с горизонтально расположенными пальцами. Производительность комбайна 11—25 т/мин, общая установленная мощность 440 кВт, масса 63 т.

С помощью комбайна 3LS на шахте «Меттики» в лаве длиной 183 м на пласте мощностью 2,0—2,7 м (штат Мэриленд, компания «Мапко») в апреле 1986 г. за 22 рабочих дня было добыто 322 тыс. т угля. Среднесуточная добыча составила 14 600 т. Работа велась в три смены по 6,5 ч каждая при пятидневной рабочей неделе. Комбайн работал совместно с крепью 4/660 фирмы «Меко интернешнл» (установлено 123 секции) и лавным конвейером этой же фирмы с двумя вынесенными цепями калибра 30 мм, ставом шириной 762 мм и двумя приводами мощностью по 260 кВт.

Комбайном 4LS из лавы длиной 213 м пласта «Лоуэр Кит-тэнинг» на шахте «Мартинка» (штат Западная Виргиния, компания «Саузерн Огайо коул») при вынимаемой мощности пласта 1,7 м за сутки было добыто 10 500 т угля. Комбайн работал с крепью 4/585 фирмы «Вестфалия Люнен» (ФРГ) с ручным управлением и конвейером той же фирмы.

Для комбайнов фирмы «Джой мэньюфакчуриг» радиотехническая фирма «Столар» создает систему автоматического вождения по гипсометрии пласта.

В качестве примера, типичного для угольной промышленности США, ниже приведены технология и организация добычных работ в лавах на шахте «Айрленд» компании «Консолидейшнл коул», расположенной в штате Западная Виргиния. Шахта разрабатывает пласт «Питтсбург» средней мощностью



1,6 м. Он не нарушен и залегает полого. Мощность покрывающих пород, слагаемых песчаниками и суглинками, составляет от 90 до 180 м. Кровля устойчивая, приток воды небольшой. Годовая добыча шахты — 2,1 млн т товарного угля.

Шахта работает по одnogоризонтной схеме. За исключением вертикальных людских и вентиляционных стволов, а также наклонных стволов для выдачи угля и спуска материалов все выработки пройдены по пласту.

Шахтное поле вскрыто группой (до семи) параллельных выработок, длина которых составляет несколько километров. Ранее применялась исключительно камерная система разработки, а в 1977 г. перешли на разработку длинными забоями. Для транспорта по выемочным штрекам и для обслуживания подготовительных забоев (проведение осуществляется короткозабойными комбайнами) используются ленточные конвейеры. В главных штреках применяется рельсовый транспорт, а в наклонных выработках — ленточные конвейеры. Для доставки материалов и перевозки людей используются контактные электровозы, движущиеся и по выемочным штрекам.

Длина лавы составляет 180 м. Длина столба доходит до 2200 м. Отрабатываемая в обратном порядке лава обслуживается четырьмя пройденными предварительно параллельными выемочными штреками шириной 4,9 м, которые крепятся сталеполимерными анкерами и деревянными верхняками. Между штреками оставляют целики шириной приблизительно 25 или 19 м, через которые с интервалами 55 или 37 м проводят сбойки. После проходки их перекрывают перемычками с вентиляционными окнами. Расположение штреков определено расчетным путем с учетом сдвижения горных пород.

Конвейерный штрек, служащий для транспортирования угля, примыкает непосредственно к лаве. Два штрека со свежей струей используются для доставки материалов и в качестве аварийного выхода. Контактные электровозы могут приближаться к лаве не более чем на 100 м. В штреке, предназначенном для аварийного выхода, находится энергостанция. Четвертый штрек используется для отвода исходящей струи воздуха. Штреки, непосредственно примыкающие к лаве, погашаются после ее прохода. Перед лавой поддерживаются три вентиляционных штрека — все для отвода исходящей струи.

В лаве работает двухшнековый комбайн EDW-2502L фирмы «Эйкгофф» с приводом исполнительного органа мощностью  $2 \times 150$  кВт и с бесцепной системой подачи. Ширина захвата 0,8 м.

Рядовой уголь выдается двухцепным скребковым конвейером с цепями, вынесенными из направляющих пазов рештаков, мощность привода  $2 \times 187$  кВт. Толщина прутка круглозвенной цепи — 26 мм. Разгрузка на скребковый штрековый конвейер, смонтированный в конвейерном штреке, торцевая. Уголь из-

мельчается в проходной дробилке и поступает на ленточный конвейер.

Лава закреплена двухстоечными секциями щитовой крепи с рабочим сопротивлением 3520 кН без выдвижных консолей. Щитовые секции устанавливаются также в непосредственно примыкающих к лаве выемочных штреках. Сразу же после передвижки этих секций происходит посадка кровли, и штреки погашаются.

Выемка угля ведется на полную мощность пласта при движении комбайна от концевого к головному приводу. Щитовые секции передвигаются непосредственно после прохода комбайна. По окончании выемки ведется ход зачистки (от головного к концевому приводу), причем после прохода комбайна передвигается забойный конвейер. Практикуется самозарубка комбайна косыми заездами у концевого привода.

На сопряжении лавы со штреками при необходимости устанавливаются индивидуальные гидравлические стойки без подхватов. В сбойках между конвейерным и смежным с ним выемочным штреками выкладывается по два деревянных костра. Количество свежего воздуха, подаваемого в лаву, составляет  $1100 \text{ м}^3/\text{мин}$ . В добычную смену в лаве заняты десятник и восемь рабочих. Сменная добыча угля достигает 2700 т угля.

На одной из шахт угольной компании «Арч майнерел» (штат Кентукки), оборудованной двухстоечной щитовой крепью фирмы «Галлик Добсон» с рабочим сопротивлением стоек  $2 \times 7700$  кН и микропроцессорной системой управления «Электрофлекс», за три недели после пуска лавы была добыта 71 тыс. т, т. е. в среднем ежедневно добывалось 4750 т угля. Цикл передвижки одной секции выполняется за 8 с, обеспечивая возможность работы комбайна со скоростью подачи до  $18 \text{ м}/\text{мин}$ .

На шахте «Линч» (компания «Арч майнерел») комбайном «Троян 700» фирмы «Мицуи Миике» из панели протяженностью 2300 м на пласте мощностью 2,35—3,10 м при длине лавы 152 м в феврале 1989 г. за три смены было добыто 22 275 т товарного угля, продвижение лавы при этом составило 30,18 м.

На шахте «Пибоди-2» угольной компании «Истерн ассоушнейтед коул» разрабатывается пласт «Питтсбург» мощностью 2,70—2,88 м. При выемке оставляются у кровли сернистая угольная пачка, а у почвы — слой с высоким содержанием золы. Поэтому вынимаемая мощность пласта обычно не превышает 1,98 м. Длина панели составляла 4500 м. Лава оборудована комбайном 3LS, имеющим повышенную (до 535 кВт) суммарную установленную мощность и систему бесцепной подачи с вертикальными зубьями; четырехстоечной щитовой крепью 4/610 фирмы «Меко интернешнл»; конвейером этой же фирмы с цепями калибра 30 мм и двумя приводами мощностью по 380 кВт. Для обеспечения нормального проветривания в лаву подава-

лось 1400 м³/мин. В 1989 г. среднесуточная устойчивая добыча из лавы длиной 300 м составляла 9070 т товарного угля, а годовая добыча — 2,54 млн т (в 1988 г. — 2,24 млн т).

Для обеспечения высокопроизводительной работы шахт руководство угольных компаний США уделяет большое внимание различным формам активизации заинтересованности персонала в эффективной работе и минимальным потерям рабочего времени, охватывающим как материальные, так и моральные стимулы. В забоях бригада обычно состоит из 5—10 человек, каждый член которой ясно представляет себе:

зависимость от состояния рынка сбыта и договорные обязанности компании поставить уголь вовремя и требуемого качества;

их работа хорошо оплачивается (подземный рабочий в феврале 1990 г. за восьмичасовую смену получал 132,96 долл.);

если шахта не будет иметь дохода, то ее закроют, а персонал увольнят;

успешная работа бригады требует дисциплины и точного выполнения каждым своих обязанностей, так как ошибки и промахи ведут к потерям добычи, а в небольшой бригаде проще обеспечивать персональную ответственность;

каждый гордится своей работой, и этим создается соревновательная обстановка;

каждый обучен выполнять работу другого в аварийных ситуациях.

Большое внимание администрация уделяет полезному использованию рабочего времени и применяет для этого ряд мер, а именно: рельсовый путь для доставки людей и материалов заканчивается не далее 135 м от лавы; 30-минутный завтрак проводится поочередно без перерыва технологического цикла (остановки лавы); часто практикуется доплата за переработку с тем, чтобы смена бригады осуществлялась на рабочем месте, но время доставки людей не превышало 20 мин.

Ряд преимуществ имеют трудящиеся с большим стажем. Так, каждому рабочему присваивается соответствующий порядковый номер, при этом чем дольше он работает на шахте, тем меньше его номер. При сокращении равноценного персонала увольняют имеющих большие номера.

При уходе за забойным оборудованием, как правило, после снятия комбайном двух полос производят замену резцов, проверку работы форсунок и уровня масла, закрепляют рукава, а также смывают из шлангов секции крепи для уменьшения пыли и облегчения доступа к гидрооборудованию в случае появления его дефектов. Ежедневно мастер проверяет работу оборудования, а на субботу и воскресенье планируется проведение текущего ремонта. Рабочий персонал обращается с оборудованием как со своей собственностью, ясно представляя себе, что появление отказов ухудшает финансовое состояние шахты.

Периоды монтажа, ранее исчислявшиеся месяцами, сейчас сведены до недель и даже дней. На одной из шахт перемонтаж оборудования лавы в 1987 г. был осуществлен за 5 дней. При этом были заменены все узлы, требующие ремонта.

### *Механизированная выемка угля на шахтах Польши*

В Польше пласты мощностью до 4,5 м отрабатываются на полную мощность; способ управления кровлей — обрушение или гидрозакладка. Пласты большей мощности отрабатываются слоями, оптимальная мощность слоя 3 м.

Система разработки — в основном столбовая с обрушением кровли. Гидравлическая закладка применяется в 10—15% комплексно-механизированных забоев. Средняя длина лавы 156 м. В лавах в основном применяются очистные узкозахватные комбайны и в меньшей степени — струговые установки.

Наибольшее распространение получили очистные комбайны двухшнекового типа KWB и KGS с цепной или бесцепной системой подачи «Полтрак» машиностроительного завода «Фамур».

Очистные комбайны типа KGS (7 типоразмеров) предназначены для выемки угля на пластах мощностью 0,9—4,5 м с углом падения до 35°. Захват комбайнов 0,63 м; диаметр шнеков 800, 900, 1000, 1250, 1400, 1600 мм; усилие подачи до 500 кН; скорость подачи 0—8,0 м/мин; мощность привода до 320 кВт. Разработана модель комбайна KGS-560 с мощностью привода 2×250+60 кВт с бесцепной системой подачи; напряжение 1000 В, скорость подачи до 5 м/мин, ширина захвата 0,63 м.

Комбайны типа KWB (6 типоразмеров) предназначены для выемки угля на пластах мощностью 2,1—4,0 м, оснащены двумя электродвигателями по 160 кВт, имеют усилие подачи до 540 кН, диаметр шнеков 1250, 1400, 1600 и 2000 мм.

Рыбникским заводом горного оборудования выпускаются для пластов мощностью 0,6—2,0 м струговые установки скользящего и отрывного действия типа SWS, которые эксплуатируются с механизированной или индивидуальной крепью. В работе с механизированными крепями находятся около 50 струговых установок.

Струговая установка SWS-4M предназначена для комплексной механизации выемки угля на пластах мощностью 0,6—1,7 м с углом падения до 35° при сопротивляемости угля резанию более 2000 Н/см. Она состоит из двух приводов, решетчатого става конвейера, струга, оборудования для удержания приводов от сползания, гидравлических домкратов передвижения, оросительной установки, электрооборудования. Конвейер прижимается к забою с помощью индивидуальных гидродомкратов передвижения или с помощью домкратов передвижения механизированной крепи. Мощность двигателей привода струговой установки 2×55 кВт или 2×90 кВт, скорость подачи струга вдоль



лавы 0,48 или 0,60 м/с, размер струговой цепи 26×92 мм, толщина стружки 60—100 мм, производительность струговой выемки 1,73—3,60 м<sup>3</sup>/мин, мощность двигателя привода конвейера 2×55 или 2×90 кВт.

Скребковые конвейеры типа «Рыбник» имеют преимущественное распространение на шахтах Польши, выпускаются Рыбникским заводом горного оборудования. Конвейеры производительностью до 800 т/ч и длиной не менее 200 м оборудованы двумя, тремя или четырьмя приводными блоками мощностью 90 кВт. Ширина рештаков 743—750 мм, длина — 1500 мм. Скребковые цепи в основном двоянные, вынесенные из боковин рештаков, скорость движения цепи около 1,1 м/с, толщина прутка цепи 26 мм.

Механизированные крепи, выпускаемые заводами «Фазос», «Глиник» и «Пиома», в основном щитовые, двух- и четырехстоечные, предназначены для крепления кровли на пластах мощностью 0,8—4,7 мм. Крепи имеют удельное рабочее сопротивление 300—980 кН/м<sup>2</sup>. В зависимости от нагрузки крепи оснащаются гидравлическими стойками сопротивлением от 635 до 2600 кН при удельном сопротивлении крепи 980 кН/см<sup>2</sup>. Масса секций в зависимости от мощности пласта составляет 8—16 т каждая.

Примером высокопроизводительного угледобывающего предприятия является шахта «Пяст» в Верхней Силезии с суточной производственной мощностью 25 тыс. т. В эксплуатации находятся 18 лав, отрабатывающих на двух горизонтах, 500 и 600 м, пласты мощностью 1,1—7,4 м. Шахтное поле (площадь 38 км<sup>2</sup>, запасы до глубины 1000 м — 1 млрд т) вскрыто четырьмя вертикальными стволами диаметром 7,5 м, два из них — для выдачи угля, два — вентиляционные, используемые для спуска-подъема людей и материалов. Наиболее глубокий ствол descends до отметки 900 м от поверхности. Добываемый уголь обогащается на обогатительной фабрике, построенной по типовому проекту (данные 1987 г.).

На шахте занято 10 400 человек. Работа осуществляется в четыре смены. Продолжительность рабочего дня — 7,5 ч (от посадки в клеть на поверхности до посадки в клеть в околоствольном дворе). Лавы работают на трехсменном добычном режиме, т. е. 18 ч в сутки, четвертая смена — ремонтно-подготовительная. Сменная производительность труда рабочего по добыче — 3,2 т, а подземного рабочего — 4 т. Максимальная суточная нагрузка на лаву — около 1500 т.

Лавы оснащены комбайнами, механизированными крепями и скребковыми конвейерами отечественного производства. На шахте используются следующие механизированные крепи: четыре комплекса «Глиник» 08/22-О, один комплекс «Глиник» 07/16-О<sub>2</sub>S, пять комплексов «Фазос» 12/28-О<sub>2</sub> и восемь комплексов «Фазос» 15/31-О<sub>2</sub> (цифры в обозначении моделей крепей

соответствуют диапазону их раздвижности). Используются конвейеры «Рыбник» типа 73 и 80. На шахте работают 13 проходческих комбайнов.

Разрабатываются почти горизонтальные пласты, на которых обнаружено около 130 нарушений с амплитудой, превышающей 5 м.

Некоторые участки пластов, разрабатываемых на шахте «Пяст», представлены очень крепким углем, вследствие чего в ряде случаев их приходится перед комбайновой выемкой разрыхлять с помощью буровзрывных работ. Для этого на высоте 1—2 м от почвы вдоль лавы бурятся шпуры диаметром 36 мм с интервалом 1,5—3,0 м. Шпуры бурятся под углом около 45°, глубина их 2,4 м.

Около 55% угля, транспортируемого по главным выработкам, доставляется ленточными конвейерами, а 45% — рельсовым транспортом (поездами с контактными электровозами).

### *Механизированная выемка угля на шахтах ЧСФР*

Каменный уголь добывается в основном в Остравско-Карвинском угольном бассейне, где используются шнековые комбайны примерно 14 различных конструкций. На пластах малой и средней мощности — одно- и двухшнековые комбайны машиностроительного завода «Острой» (г. Опава), на пластах большей мощности — зарубежные, большей частью польские двухшнековые комбайны. Мощность приводов, наиболее широко применяющихся в шнековых комбайнах, составляет 60—270 кВт.

На шахтах ЧСФР на тонких пластах в эксплуатации находились в 1990 г. 75 механизированных комплексов в основном с комбайнами KSV6A, KSV102, KC101S и 2KB100, предназначенных для выемки угля на пластах мощностью от 0,7 до 1,6 м.

Новый комбайновый комплекс, разработанный для тонких пластов, состоит из очистного комбайна KSW102 с устройством подачи TZL с тиристорным управлением, скребкового конвейера TH601 и механизированной крепи DVP11. Комбайн KSV102, выпускаемый заводом «Острой», предназначен для пластов мощностью 0,9—1,5 м с углом падения до 35° при работе по простиранию и с углом падения до 10° при работе по падению и восстанию по углю с пределом прочности 40 МПа с включениями, прочностью на сжатие до 60 МПа. Комбайн оборудован электродвигателем с водяным охлаждением мощностью 100 кВт, регулируемая скорость подачи комбайна 0,5—7,0 м/мин, постоянная скорость подачи 1,2 м/мин, усилие подачи 2×206 кН, высота по корпусу 780 (840) мм, длина между осями шнеков 5460 мм. Масса 8,5 т. Высота крепи DVP11 составляет 0,56—1,53 м, максимальная несущая способность 500 кН/м<sup>2</sup>, мощность двигателей конвейера TH601—2×100 кВт, скорость движения цепи конвейера — 0,48 или 0,86 м/с.

Для разработки пластов средней мощности создан добычной комплекс, состоящий из очистного комбайна KWB3 (производства Польши), механизированной крепи МК1А, оборудования для полной закладки, скребкового конвейера ТН700. Мощность электродвигателей комбайна  $2 \times 132$  кВт, скорость подачи 0,25—7,40 м/мин. Высота крепи колеблется от 1,55 до 2,80 м, максимальная несущая способность 660 кН/м<sup>2</sup>. Мощность электродвигателей конвейера  $2 \times 100$  кВт, скорость движения цепи конвейера 1,1 м/с, производительность конвейера 750 т/ч. Максимальная производительность закладочной установки 240 м<sup>3</sup>/ч.

Освоен выпуск стругового комплекса, состоящего из струга PL81, скребкового конвейера ТН601 и механизированной крепи DVP11 (DVP6В или DVP6С). Мощность электродвигателей привода струга  $2 \times 75$  или  $2 \times 100$  кВт, высота струга 0,5—1,3 м, скорость движения 0,52—0,95 м/с, максимальный предел прочности угля 32 МПа. Мощность электродвигателей привода конвейера  $2 \times 100$  кВт, скорость движения конвейера 0,48 или 0,88 м/с. Высота крепей DVP11 — 0,56—1,53 м, DVP6В — 0,53—1,04 м, DVP6С — 0,65—1,31 м. Максимальная несущая способность крепей DVP11—500 кН/м<sup>2</sup>, DVP6В и DVP6С — 520 кН/м<sup>2</sup>.

Наилучшие средние результаты, полученные при использовании стругового комплекса с механизированной крепью на пласте мощностью менее 1 м: среднесуточная добыча — 735,5 т, производительность труда — 19,4 т/чел.-смену, площадь выемки — 506,5 м<sup>2</sup>/сут. На пласте мощностью свыше 1 м достигнуты: среднесуточная добыча — 950 т; производительность труда — 20,77 т/чел.-смену; площадь выемки — 614,1 м<sup>2</sup>/сут.

На шахтах ЧСФР 58% добычи приходится на лавы, оборудованные щитовыми крепями, выпускаемыми заводом «Острой». В некоторых лавах используются также щитовые крепи производства ФРГ, Австрии, Польши и стран СНГ. Среднесуточная нагрузка на лучшие лавы, оборудованные щитовой крепью, достигает в Остравско-Карвинском бассейне при выемке стругами 700 т товарного угля, при выемке шнековыми комбайнами — 2000 т.

Разработаны новые щитовые крепи MV2, MV3 и MV4, эксплуатируемые на пластах мощностью 0,9—1,65 м.

Крепь MV2 для пластов мощностью 0,55—1,65 имеет следующие параметры: угол падения 40°, шаг установки секции 1500 мм, максимальное удельное сопротивление 540 кН/м<sup>2</sup>, шаг передвижки крепи 810 мм, давление на почву 1,96 МПа, число стоек в секции 2, усилие передвижки секции 145 кН, усилие передвижки конвейера 160 кН, максимальное рабочее давление 32 МПа, номинальное рабочее сопротивление стойки 1337—1463 кН, максимальное рабочее сопротивление крепи 2348 кН, длина поддерживаемого пространства 3440 мм, минимальная ширина секции 1432 мм, коэффициент начального распора 0,83. Масса секции 5 т. Крепь MV2, кроме полнопроточного и пилот-

ного управления, имеет еще автоматическое электронное управление.

Крепь MV3 предназначена для замены всех крепей типового ряда DVP6, по сравнению с которыми имеет следующие преимущества: возможность оснащения противоударным оборудованием; меньшее число гидравлических стоек и более рациональное их размещение; более высокую устойчивость на уклонах (два передвижных цилиндра).

Четырехстоечные механизированные крепи MV1 и MV1А поддерживающего типа предназначены для работы в лавах на пологих пластах мощностью 1,55—3,00 м при работе с пневмозакладкой. Усилие предварительного распора секции 4860 кН, усилие предварительного распора стойки 1215 кН, рабочее сопротивление 1465 кН, сопротивление крепи при рабочей нагрузке с пневмозакладкой — 625 кН/м<sup>2</sup>, при нагрузке с обрушением — 845 кН/м<sup>2</sup>. Совместно с этими крепями используется пневмозакладочная машина ZS240 производительностью 240 м<sup>3</sup>/ч.

### *Механизированная выемка угля на шахтах КНР*

В КНР основное внимание уделяется механизированной выемке на так называемых наиболее продуктивных пластах мощностью 1,5—3,5 м и более. Поставлена также задача увеличения уровня механизированной выемки угля на пластах мощностью менее 1,3—1,4 м и на пластах с углом падения более 45°. Гидравлическим способом добывается ежегодно около 8,0 млн. т. Пласты мощностью более 5 м отрабатываются в основном горизонтальными слоями с межслоевым перекрытием из металлической сетки с использованием механизированной или индивидуальной крепи. В последнее время начали внедрять выемку угля с выпуском подкровельной толщи через затворы (люки) в секциях крепи.

Из 2400 длинных забоев на шахтах КНР 180 следует отнести к комплексно-механизированным, в которых ежегодно добывается около 66 млн т угля. Из них 75 забоев оснащены оборудованием, выпускаемым в КНР, — это механизированные щитовые крепи с рабочим сопротивлением секций 1500—7200 кН, очистные узкозахватные комбайны с приводом мощностью 150—250 кВт и более, тяжелые скребковые конвейеры с приводом мощностью от 100 до 750 кВт.

В КНР ускоренными темпами развивается горное машиностроение с использованием лучших достижений машиностроительных фирм Великобритании, ФРГ, США и Японии. 95 машиностроительных заводов Китая изготовляют 336 видов различного оборудования, в том числе для добычи угля, подземного транспорта, буровых работ и техники безопасности. Заводы могут поставлять более 70 моделей очистных узкозахватных

комбайнов, более 50 моделей передвижных скребковых конвейеров и около 100 моделей щитовых крепей (рис. 8).

Очистные комбайны, выпускаемые в КНР, имеют ширину

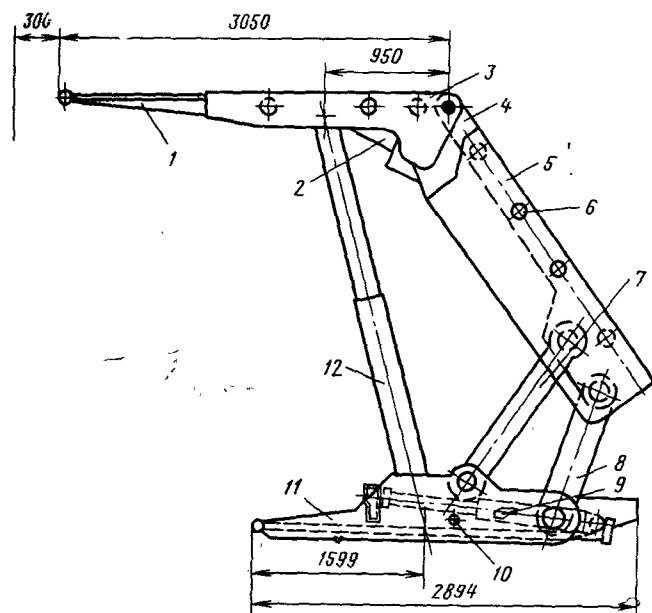


Рис. 8. Механизированная крепь МХА-300/3,5 для пластов мощностью 1,3—3,2 м (КНР): 1 — консольная часть верхняка; 2 — гидродомкрат; 3 — верхняк; 4 — балка заднего перекрытия; 5 — боковое ограждение секции; 6 — отжимное шарнирное соединение боковин ограждения; 7, 8 — траверсы, соединяющие заднее ограждение с основанием секции крепи; 9 — гидродомкрат передвижения секции; 10 — шарнирное соединение; 11 — основание секции крепи; 12 — гидростойка

захвата 0,60 или 0,63 м, оснащаются бесцепными системами подачи и электроприводом на напряжение 660 и 1140 В. В табл. 25 приведены технические характеристики наиболее широко применяемых комбайнов отечественного производства.

Комбайн МХА-600/4,5 для пластов мощностью 2,3—4,5 м имеет два регулируемых по высоте шнека диаметром 2,0 или 2,2 м; гидродомкраты поворотных редукторов располагаются в раме под корпусом. Система подачи комбайна — бесцепная механогидравлическая с двумя приводами, цевочной рейкой и круглой направляющей — снабжена аварийно-стояночным тормозом, обеспечивающим безопасную работу при углах падения до 25°. Со стороны забоя комбайн опирается роликами на зачистные лемехи конвейера. Высокая энерговооруженность — 600 кВт — позволяет рекомендовать его для работы на пластах с крепким углем. Этот комбайн и аналогичные по конструкции

Таблица 25

Технические характеристики очистных комбайнов, производимых в КНР

Показатели	МХА-600/4,5	MGD-150 NW	AM500	MG-200-OW	MG-200-W	MG-200/150-W
Вынимаемая мощность, м	2,3—4,5	2,0—2,8	1,3—4,5	1,3—3,0	2,0—3,7	1,4—3,0
Угол наклона пласта, град	<25	<25	<45	35—50	—	≤30
Диаметр шнеков, м	2; 2; 2	1,6	1,3; 1,6; 1,8; 2,0; 2,2; 2,4	1,4; 1,6; 1,8	1,6; 1,8; 2,0	1,25; 1,6
Ширина захвата, м	650	600	600	630	630	630
Частота вращения шнека, мин <sup>-1</sup> , или скорость резания, м/с	3,47; 3,82	32	33—59; 25—59	44,43; 39,10; 33,76	25; 29,67; 36,9; 45,6	—
Усилие подачи, кН	200, 400	200	444	450	321,5; 492,4	200
Скорость подачи, м/мин, не более	8,3	6	19,7	5,5	6	6
Мощность электродвигателей суммарная, кВт	2×300	150	2×300 или 2×375	2×200	2×300	200
Напряжение, В	1140	660, 1140	1140	1140	1140	660, 1140
Габариты, мм	13917×2342×1965	Нет свед.	14500×2400×1500	7514×1881×1200	10190×2270×1700	Нет свед.
Масса, т	51,6	15,4	<50	28	37,5; 40	21,5

модели МХА-600/3,5 и МХА-300/3,5 выпускаются Сианьским заводом угольного машиностроения.

По лицензии фирмы «Андерсон Стресклайд» производится комбайн АМ500 Тайюаньским заводом угольного машиностроения.

Комбайн МG-200-QW выпускается Цисинским заводом угольного машиностроения и предназначен для наклонных пластов мощностью 1,3—3,0 м при углах падения 35—50° для работы совместно с конвейером SGZ-764/320 или SFBQ-764/160 и механизированной крепью. По компоновке эта модель аналогична комбайну «Панда» фирмы «Сажем» (Франция). Он имеет нижнее расположение гидродомкрата поворотного редуктора шнека, установленную мощность 2×200 кВт и бесцепную систему подачи с двумя приводами. Изгиб поворотного редуктора улучшает погрузку угля на лавный конвейер. Редукторы режущей части и привода подачи выполнены в одном корпусе. Комбайн имеет систему диагностики состояния основных систем и соответствующие защиты, повышающие надежность в эксплуатации. Для работы на пластах с углом падения менее 35° выпускается исполнение МG-200-W.

Комбайн МG-300-W Цисинского завода предназначен для пластов мощностью 1,3—3,7 м с углом падения до 35° и может поставаться в исполнении с МG2×300-W для вынимаемой мощности до 4,5 м с двумя двигателями и суммарной энерговооруженностью 600 кВт. Система подачи — бесцепная типа «Ролл-Рэк» с гидромеханическим приводом из двух механизмов, которые имеют гарантированную долговечность 1000 ч работы при максимальном усилии. Комбайн комплектуется дробилкой, применяется совместно с лавными конвейерами с цепями в направляющих SGZ-764/264 или SGZ-730/320 со сдвоенными вынесенными цепями, механизированными крепями ZY-400-1,8/3,8 или QY-4320-20/80, штрековым перегружателем SZZ-764/132 и насосной оросительной установкой PB-320/63.

Одношнековый комбайн MGD-150-NW предназначен для лав длиной до 60 м, отрабатывающих пласты средней крепости мощностью 2,0—2,8 м с углом падения до 25° в условиях, требующих сохранения земной поверхности. Его используют также при выемке ниш, нарезке лав и проведении штреков широким ходом. Шнек, рукоять которого длиной 805 мм может поворачиваться на 270°, расположен в середине корпуса высотой 1612 мм. Система подачи — бесцепная с цевочным колесом и вертикальными зубьями. Комбайн может использоваться также при системе выемки мощных пластов с выпуском межслоевой толщи с механизированной крепью FY280-14/28. Комбайн выпускается Ляоюаньским заводом угольного машиностроения.

Скребок лавные конвейеры выпускаются с цепями, вынесенными из направляющих рештаков. В качестве примера приведены краткие данные о конвейере SGZC-730/320ZW, вы-

Таблица 26

Технические характеристики четырехстоечных шитовых крепей Джэнджоуского завода

Показатели	ZZ4000/9/21	ZZ5000/12/19	ZZ5600/16,5/26,5	ZZ4000/18/38	ZZ4000/14/32	ZZP2500/15/28	PYQ400/17/35
Несущая способность, кН	4000	4900	5600	4000	4400	2500	4000
Диапазон по высоте, м	0,9—2,1	1,2—1,9	1,65—2,65	1,8—3,8	1,4—3,2	1,5—2,8	1,7—3,5
Шаг установок секции, м	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Ширина захвата, мм	600	600	600	600	600	600	600
Угол падения пласта, град	25	15	10	30	15	15	25
Площадь поддерживаемой кровли, м²	6,55	6,10	6,70	5,65	5,46	5,47	6,18
Удельное давление, МПа:							
на кровлю	0,5763/0,4240	0,816	0,840	0,707	0,805	0,370—0,433	0,650
на почву	1,599	1,8	2,0	1,566	1,9	0,9	1,57
Усилие передвигки, кН:							
конвейера	156,2	238	147	165	207	124,6	161,1
крепи	266	377	349	306	385	257,1	300,9
Габариты в транспортном состоянии, мм	5120×1500×2100	4500×1400×1200	3530×1400×1650	5950×1420×1800	5360×1430×1400	3800×1428×1500	6350×1428×1700
Рабочее давление в гидросистеме, МПа	27,50	25,50	28,50	25,00	31,40	25,39	31,38
Диаметр стоек, мм	160; 200	230	230	200	200, 160	160	200
Масса секции, кг	10 800	11 600	14 600	12 500	12 500	10 800	14 780

пускаемые Северо-Западным заводом угольного машиностроения. Конвейер имеет тяговый орган со сдвоенными цепями калибра 26×92 и 30×108 мм, два привода по 160 кВт и комплектуется цевочными рейками бесцепной системы подачи с круглой направляющей; используется в составе комплексов оборудования для пластов мощностью более 2 м; рештаки снабжены высокими цельносварными бортами. Завод выпускает также модификации этого конвейера SGZ-730/320X с рейками с вертикальными зубьями для работы на пластах с углами падения 20—40° совместно с комбайнами, имеющими привод БСП с цевочным колесом. В комплект поставки входит устройство для удержания от сползания. Последняя модель подобного конвейера SGZC-730/400W этого завода, предназначенная для высокопроизводительных лав, оборудованных комплексами со щитовыми крепями и комбайнами высокой энерговооруженности, имеет аналогичную конструкцию става и два привода мощностью по 200 кВт. Эти конвейеры комплектуются на длину лав до 200 м. Расчетная производительность конвейера с приводами по 160 кВт составляет 700 т/ч, а конвейера с приводами по 200 кВт — 900 т/ч. В зависимости от конкретного назначения конвейеры SGZ-730/320 имеют 25 модификаций; кроме того, выпускается модель подобных конвейеров SGZ-764/320 с уширенным ставом восьми модификаций.

Большое развитие в КНР получают механизированные щитовые крепи, созданные и освоенные в промышленном производстве в последнее десятилетие и активно внедряемые на шахтах в достаточно широком диапазоне горно-геологических условий при выемке пластов мощностью 1,1—4,5 м и более, при слоевых системах разработки и с выпуском угля из подкровельной толщи.

В табл. 26 приведены технические характеристики отдельных моделей щитовых крепей, дающие представление о техническом уровне и типовом исполнении конструкций выпускаемых крепей.

#### *Механизированная выемка угля на шахтах Франции*

В Лотарингском бассейне с целью улучшения технико-экономических показателей добычи угля принято решение об отработке только пологих пластов (до 30°), а также наклонных и крутых (30—60°), пластов средней мощности и мощных. На шахтах сплошная и столбовая системы разработки применяются на пологих пластах, горизонтальными слоями — на наклонных и крутых пластах с гидравлической закладкой и ряд комбинированных систем. Принимаются меры по обеспечению постоянной длины обрабатываемых лав. Так, на шахте «Ля Ув» панели подготавливают параллельно проводимыми штреками

на пласте мощностью 4,5 м таким образом, чтобы длина лавы 250 м была постоянной на всем выемочном столбе (панели). Пласт отрабатывается на этой шахте с помощью комплекса, включающего в себя механизированную щитовую крепь MF1, комбайн «Панда» фирмы «Сажем» и двухцепной конвейер «Герлах» типа НВ280.

Крепь с «незаряженными» секциями передвигается без отрыва от кровли; поперечная устойчивость обеспечивается с помощью подвижных боковых щитков, размещаемых с одной стороны секции. При транспортировании минимальная высота 1600 мм достигнута за счет отвода опор стоек назад и ограниченной до 4,55 м длины путем откидывания назад передней части перекрытия; максимальная ширина для обеспечения загрузки в клетки не превышает 1,4 м.

Комбайн «Панда» общей массой 55 500 кг обеспечивает максимальную вынимаемую мощность 4,5 м при поворотных редукторах длиной 2,2 м и четырехзаходных шнеках с четырьмя резцами в линии резания диаметром 2,3 м. Комбайн передвигается по конвейеру, оснащенный системой подачи «Динатрак», со скоростью до 6 м/мин и усилием подачи 2×300 кН. Он оборудован системой дистанционного управления «Телсаф Сершар», состоящей из двух передатчиков, необходимых для обеспечения безопасности при работе в зоне размыва пласта или обрушения поверхности забоя. Пылеподавление осуществляется подводом воды к каждому резцу.

Применен двухцепной скребковый конвейер «Герлах» типа НВ280 с расположением цепей под полками боковин рештаков, верхняя часть которого вместе со средним листом и верхними частями боковины рештаков выполнена съёмной. Установленная мощность конвейера 2×300 кВт. На концевых участках устройство привода позволяет зарубаться перед ним на 150 мм ниже уровня почвы пласта.

Навесное оборудование с завальной стороны, а также погрузочные лемехи с забойной стороны приварены непосредственно к рештакам с целью создания прочного и надежного оборудования, не нуждающегося в ремонте в течение двух лет.

Оборудование, примененное на пласте «Альбер» шахты «Ля Ув» Лотарингского угольного бассейна, позволило увеличить полноту извлечения запасов, а также улучшить качество добываемого угля. Благодаря использованию этого оборудования в лаве длиной 202 м и с углом падения 8° при средней мощности пласта 4,3 м достигнуты производительность выемки 2,37 м³/мин и добыча 13,6 тыс. т/сут. Среднемесячная производительность труда рабочего на шахте «Ля Ув» составила 8 т/выход.

На шахте «Вандель» при применении механизированных крепей, работающих с закладкой выработанного пространства, между секциями крепи устанавливаются деревянные стойки, поддерживающие кровлю в выработанном пространстве. На-

грузка на лаву составляет 1000—1500 т/сут при производительности труда 15—20 т/выход (в зависимости от параметров пласта).

На пластах мощностью 1,8—3,3 м работы ведутся обратным ходом лавами по простиранию с обрушением кровли. Длина лав — до 200 м. На пласте 1А участка «Симон» мощность пласта составляет 2,4 м; угол падения 35°. В лаве длиной 160 м применялся комбайн DTF мощностью 600 кВт. Скорость подачи 6 м/мин, усилие подачи 2×300 кН (разрывное усилие тяговой цепи 2×450 кН). Комбайн оснащен системой «Телсаф Сершар» с двумя передатчиками и визуальным дисплеем, на который выдаются фактические параметры режима работы комбайна. Другой забой на пласте мощностью 2,9 м оборудован механизированной щитовой крепью 13/28, имеющей удельную несущую способность 600 кН/м², и комбайном «Панда» массой 34 т с одним электродвигателем мощностью 450 кВт. Система подачи типа «Динатрак» обеспечивает скорость комбайна до 6 м/мин.

Крепь приспособлена для работы на наклонных пластах за счет специальных устройств, предотвращающих сползание секций. Высокие борта конвейера защищают рабочий персонал и предупреждают проникновение штыба. В нижней части забоя имеется опорная секция. Доставка угля ведется конвейером ЕКФЗ с вынесенной в середину рештаков сдвоенной цепью фирмы «Герлах». Для удержания конвейера от сползания используются продольные гидродомкраты, соединенные с крепью. Применение этого способа требует хорошей кровли, при этом достигаются нагрузки на лаву до 3000 т и производительность труда до 50 т/выход.

На участке «Мариено» применяется обратный порядок отработки. Лава работает по пласту с углом падения 31—35° с обрушением. Она оборудована 97 секциями крепи. Мощность пласта 2,2 м. Выемка производится комбайном DTF, имеющим два шнека ТНУ300 диаметром 1,65 м, два двигателя мощностью 250 кВт на 910 В и бесцепную подачу «Динатрак». Выемка угля ведется при движении комбайна сверху вниз. Передвижка конвейера ЕКФЗ осуществляется снизу вверх после того, как комбайн возвратится в верхнюю часть лавы. Конвейер имеет два привода мощностью по 160 кВт и скорость цепи 0,95 м/с. На штреке расположены два скребковых конвейера ЕКФЗ; первый передвигается после снятия каждой второй полосы угля, второй — раз в неделю. Комплект этого оборудования стоит 5 млн долл.

На шахте «Вутер» при выемке пластов с углом падения более 50° линия забоя располагается диагонально (12—15°) для того, чтобы за счет прижима к забою отбитого угля предупредить его опасное воздействие на работающих. При этом нижний штрек проводится горизонтально (с небольшим уклоном) для обеспечения стока воды, а верхний штрек — по простиранию

пласта для обеспечения доставки закладочного материала с помощью конвейера.

#### *Механизированная выемка угля на шахтах Австралии*

Подземным способом добывается более 50 млн т угля в год, из них более 12 млн т — в длинных забоях (лавах), остальная добыча приходится на камерную и камерно-столбовую системы разработки.

Подземным способом практически разрабатываются только пласты мощностью более 1 м. На пласты мощностью 1—2 м приходится менее 5% подземной добычи, на пласты мощностью 2—3 м — 44%, от 3 до 5 м — 36% и более 5 м — 15%. В Австралии насчитывается около 90 шахт, наибольшее число их (69) расположено в штате Новый Южный Уэльс. Средняя годовая добыча шахты — около 600 тыс. т угля. Шахты в основном вскрыты наклонными стволами, мощность покрывающих пласты пород не превышает 500 м, глубина разработки составляет 230 м. При выемке угля длинными очистными забоями применяется обратный порядок отработки (столбовая система) с проведением группы выработок (три штрека и более) с помощью короткозабойных комбайнов, в основном производстве США.

По неофициальным данным, среднесуточная нагрузка на лаву возросла до 5—6 тыс. т, а максимальная превысила 11 тыс. т. В лавах используются в основном двухшнековые комбайны фирмы «Андерсон Стресклайд» (Великобритания) и механизированные крепи с повышенной несущей способностью производства ФРГ и Великобритании. Длина лав колеблется от 70 до 175 м, в основном она составляет 150—160 м.

В двух лавах на шахте «Саус Булли» комбайны оснащены аппаратурой управления по радио японского производства. Машинист комбайна при этом находится в 10 м от машины.

Значительный опыт отработки лавами накоплен на шахте «Ангус Плэйс» в Новом Южном Уэльсе. Здесь за три года было отработано одним длиннотрапным комплексом шесть панелей, причем суммарная добыча составила 2,3 млн т. Панели, нарезанные по пласту мощностью до 4 м, залегающему на глубине 300 м, отработывались в обратном порядке.

Отработка панелей продолжалась 4—5 мес. Работы велись по трехсменному добычному режиму. Среднесуточная нагрузка на лаву составляла 4—6 тыс. т, максимальная превышала 10 тыс. т. Сменная производительность труда рабочего по лаве в среднем за три года была 140 т. Перевод комплекса из одной лавы в другую занимал сначала 15 недель, а затем 6—10 недель.

#### АВТОМАТИЗАЦИЯ РАБОТ В ЛАВЕ

Работы в области автоматизации производственных процессов в лаве можно разделить на две стадии. К первой относится создание аппаратуры и средств для контроля и регулирования

отдельных процессов и операций, скорости подачи очистных машин, контроля направленного движения машины по пласту, скорости резания и т. п.; ко второй — разработка автоматизированных комплексов оборудования и автоматизация управления механизированной крепью, основных процессов выемки угля и транспортирования его в лаве.

В основных угледобывающих странах, в первую очередь в ФРГ, Великобритании, Франции, были созданы электрогидравлические регуляторы скорости подачи, которые в течение последнего десятилетия выпускаются серийно, и ими могут оснащаться все выпускаемые машины. Аналогичные регуляторы выпускаются в ЧСФР и Польше.

В ФРГ во второй половине 70-х гг. были разработаны тиристорные системы управления комбайнами (фирма «Эйкгофф»), которые нашли применение в 80-х гг.

Многолетние исследования, разработки и производственный опыт применения средств и аппаратуры для автоматизации процесса выемки показали, что, несмотря на большие перспективы (например, по исследованиям немецких специалистов, полная автоматизация процесса выемки может способствовать увеличению коэффициента машинного времени на 3—15%), пока нет систем, находящихся в длительной промышленной эксплуатации, в связи с большими техническими трудностями по их созданию и применению. Подобные системы требуют того, чтобы горно-геологические условия на больших площадях были в основном однородны. В случае геологических нарушений для преодоления их подобные системы должны быть оснащены значительным числом дополнительных контрольных и исполнительных элементов, что, в свою очередь, существенно снижает надежность.

Системы дистанционного автоматизированного управления забойным оборудованием разрабатывались более 20 лет назад (опыты на шахте «Биверкуотс» в Великобритании в начале 60-х гг., аналогичные опыты в ФРГ и Польше).

В Великобритании была создана система ROLF (автоматическое дистанционное управление комплексом оборудования в лаве), которая явилась прообразом «безлюдной» выемки. Однако трудности, возникшие при обеспечении автоматического управления положением комбайна в вертикальной плоскости, в то время не позволили внедрить эту систему в широком масштабе.

Внедрение автоматизированных систем управления в лаве на ранней стадии разработок, особенно в Великобритании, потерпело неудачу не только из-за высокой стоимости, низкой рентабельности, сложности и ненадежности этих систем, но в первую очередь из-за недостатка техники крепления и сложности замены автоматики при повреждениях, отсутствия систем диагностики, неорганичности соединения крепи и средств автомати-

ки, недостаточной квалификации и психологической неподготовленности персонала к новой технике.

Таким образом, до середины 70-х гг. работы по автоматизации рабочих процессов в лаве отставали от внедрения автоматики на других процессах.

Существенным шагом вперед явилось создание электрогидравлических систем управления (ЭГУ) крепью. Широкое внедрение щитовой крепи обеспечило предпосылки для автоматизации процессов в лаве. Во второй половине 70-х гг. началась интенсивная разработка систем электрогидравлического управления и микропроцессорной техники, параметры которой позволяли применение ее в газовых шахтах. Системы ЭГУ с высоким уровнем искусственного интеллекта позволяют выполнять в автоматическом режиме операции по креплению в лаве, совмещать производственные процессы и получать комплексное представление о происходящих в лаве процессах. Эти системы обеспечили по выбору различные режимы работы: ручной, управление с соседней секции, управление передвижкой группы крепей в заданном режиме; последовательное управление всеми операциями по передвижке секции крепи по одной команде, включая управление из штрека и вынос управления на поверхность.

Необходимо было также осуществлять контроль расporа стоек, управление им, определение положения выемочной машины в забое, контроль передвижки конвейера, консолей и др. Специальной задачей автоматизации является уменьшение расстояния от передней кромки регулируемых консолей до угольного забоя благодаря синхронному управлению призабойными выдвижными консолями.

Электрогидравлические системы управления пришли на смену гидравлическим, что существенно повысило надежность и упростило конструкцию систем управления. Первоначально эти системы были разработаны в Великобритании (здесь исследования начались в 1975 г.), затем во Франции, Бельгии, Польше, ФРГ. В Великобритании подобные системы разрабатывались фирмами «Галлик Добсон» и «Даути», «Меко интернешнл», в ФРГ — фирмами, выпускающими механизированные крепи, «Хемшайдт», «Клэкер Бекорит», «Вестфалия Люнен».

Одна из первых систем, разработанная в Великобритании, была введена в эксплуатацию в Австралии в 1979 г.

В 1981 г. на выставке горного оборудования в Дюссельдорфе западно-германскими фирмами-поставщиками механизированных щитовых крепей были продемонстрированы системы ЭГУ, обладавшие следующими особенностями:

благодаря применению системы двустороннего управления мог производиться выбор между двумя соседними секциями; быстрая и контролируемая передвижка до минимума сводила отставание крепления; при этом улучшался процесс уп-



равления кровлей, повышалась скорость подвигания лавы; применение электроники для контроля автоматического управления гарантированным начальным распором для стоек и корректирующих гидроцилиндров обеспечивало одновременный и стабильный распор всех секций, а также оптимальное использование распорного усилия:

в пределах секции крепи были применены между блоком управления и цилиндром только короткие отрезки шлангов.

В 80-х гг. системы ЭГУ были разработаны также в Японии. В этих системах предусматривались дистанционный контроль и управление, диагностика неисправностей, а также комплексное взаимодействие между очистным комбайном и крепью. Системы выполняли также функции передачи информации на диспетчерские пункты шахты, а при иерархической структуре построения информационной системы — на диспетчерский пункт лавы или участка. Обеспечивалось выполнение от 6 до 24 функций контроля, диагностики передачи информации и управления секцией крепи.

Система ЭГУ «Электрофлекс» фирмы «Галлик Добсон», базирующаяся на микропроцессорной технике, управляет 20 операциями. В системе используются клапаны с малым усилием срабатывания. Разработанная фирмой «Меко интернешил» данная система позволяет выполнять две, четыре и шесть функций.

В 1982—1983 гг. начались практические испытания систем ЭГУ фирм ФРГ и Великобритании на шахтах. Испытания систем «Пандерматик Е» фирм «Вестфалия Люнен» и «Сименс» были проведены в 1982—1983 гг. на шахте «Проспер Ханиэль», а на шахте «Остерфельд» была введена в работу усовершенствованная система «Пандерматик S». В США первая система ЭГУ начала работать в 1983 г. Аналогичные системы были созданы во Франции фирмой «Моррель-Идро».

Практика показала, что преимуществами систем ЭГУ являются широкие функциональные возможности по приему информации и передаче команд управления, малые размеры проводящих каналов, высокая скорость передачи сигналов управления, легкий доступ к коммутирующим, контролирующим и другим элементам системы, простота перехода на разные режимы. Следует отметить, что в последних системах, в частности, разработанных в ФРГ, применяется вместо кнопочной тестерная система, что также существенно повышает надежность работы элементов.

В Польше была разработана система «Беста», работающая с вычислительной машиной АСИ, а также система АГС-1 для группового управления, осуществляемого оператором, находящимся в забое.

Фирмой «Клэкерн Бекорит» в 1983 г. была подготовлена

дальнейшая модификация систем управления, которую фирма называет электронно-гидравлической.

В качестве примера из систем, разработанных на первой стадии, может быть приведена система управления фирмы «Хемшайдт», созданная совместно с институтом «Бергбау-форшунг», фирмой «Эйкгофф» и электротехническими компаниями. Данная система предусматривала четыре последовательные по усложнению задач и степени автоматизации ступени, выбор которых производится на пульте управления:

управление отдельными секциями с соседней секции как право-, так и левостороннее;

многооперационная система — управление передвижкой отдельных секций и конвейеров;

последовательное управление группой секций (до 15) в обоих направлениях с последовательным управлением рядом операций;

централизованное управление всеми секциями лавы.

На первой ступени осуществляется управление разгрузкой и распором отдельных секций крепи. На второй ступени автоматически выполняются все операции по установке и передвижке крепи, а также передвижке конвейера. Третья ступень обеспечивает последовательное выполнение операций группы секций крепи, при этом процесс управления может осуществляться с любой из секций данной группы крепей в любом направлении. На четвертой ступени осуществляется связь управления крепью и конвейером с процессом выемки. В зависимости от положения и движения выемочной машины производятся все остальные операции, включая выдвигание верхняков.

Рассмотренные четыре ступени автоматизации в той или иной комбинации проходили проверку на шахтах ФРГ.

Одной из первых многооперационная система была применена на шахте «Кампахузен» в Бельгии. Аналогичная система (вторая ступень) испытывалась в 1980 г. на шахте «Гёттельборн» (ФРГ).

Система управления, включающая все четыре ступени, прошла опытную проверку на шахте «Вальзум» (ФРГ). В системе применена управляющая ЭВМ, которая располагалась на пульте управления.

Следующим вариантом четвертой ступени явилась система, при которой на каждой секции крепи располагается микропроцессор, осуществляющий все функции управления. ЭВМ, установленная на пульте управления лавой, координирует работу микропроцессоров, управляющих работой секций. На пульте управления регистрируются все нарушения нормального рабочего процесса. При этом сведения о них передаются также на поверхность.

При разработке указанных систем предусматривалось их органичное включение в общешахтную систему АСУТП.



В данной схеме управление всеми операциями может осуществляться с пульта, расположенного в штреке.

Наиболее характерен и убедителен, а также наиболее изучен за рубежом накопленный в 80-гг. опыт применения электрогидравлических систем управления, в первую очередь, на шахтах ФРГ «Вальзум», «Монополь», «Фридрих Генрих», «Вестфален», «Остерфельд» и др. Это объясняется не только субъективным фактором (вниманием специалистов шахт, исследователей и фирм-изготовителей), но, в первую очередь, тем, что на шахтах ФРГ достигнут высокий уровень среднесуточной нагрузки на лаву (более 1800 т), при котором особо эффективно использование систем ЭГУ на базе микропроцессорной техники. Следует подчеркнуть, что к концу 80-х — началу 90-х гг. именно при нагрузке порядка 1800 т применение системы ЭГУ оказалось экономически рентабельно.

Накопленный опыт, изучение причин неисправностей различных факторов, влияющих на нормальную работу систем ЭГУ, позволили ввести ряд усовершенствований, как аппаратных, так и схемных, что способствовало дальнейшему повышению надежности систем.

Об эффективности использования систем ЭГУ свидетельствует пример шахты «Вальзум» (ФРГ), где в течение нескольких лет во всех четырех действующих лавах использовались при комбайновой выемке эти системы фирмы «Хемшайдт» («Хетроник-812, -412, -512, -112»). С 1988 г. при начале работы струговой лавы там используется система «Хетроник-200/500».

Преимущества использования систем ЭГУ наглядно продемонстрировал опыт шахты «Фридрих Генрих», где в течение года (1987—1988 гг.) сопоставлялись данные лав, работавших с системой ЭГУ и без нее. Условия горного давления и строение кровли в обеих лавах были аналогичны. Среднее расстояние от концов перекрытий крепи до забоя удалось уменьшить в лаве 243 до 0,19 м, по сравнению с 0,42 м в лаве 242.

Число вывалов породы из кровли удалось снизить примерно на одну треть. Кроме того, средняя высота вывалов в лаве 243 меньше, чем в лаве 242. Несмотря на то, что высота подушки на перекрытиях крепи в лаве 243 часто была больше, доля концов перекрытий, имеющих контакт с кровлей, превышала соответствующую долю в лаве 242. Это достигалось благодаря тому, что в систему управления с гарантированным начальным распором был включен гидроцилиндр поджимной консоли.

Улучшение управления кровлей способствовало сокращению в лаве 243 до 7% простоев, связанных с креплением (в лаве 242 — 24,5%). Примерно на 1/4 по сравнению с лавой 242 уменьшилась частота операций по выкладке в пространстве вывала деревянных костров или заполнению этого пространства строительными материалами, а продолжительность (в мин) каждого процесса сократилась вдвое.

Несмотря на то, что лава 243 работала в двухсменном добычном режиме, по сравнению с трехсменным режимом в лаве 242, скорость подвигания очистного забоя увеличилась с 3,60 до 4,54 м/сут, среднесуточная добыча — с 2138 до 2776 т товарного угля. Затраты на лаву были снижены с 30,9 до 27,0 марок/т. Были получены следующие наилучшие показатели: среднесуточная скорость подвигания очистного забоя 6,57 м; среднесуточная добыча по товарному углю 4175 т: затраты на лаву 15,80 марок/т. Таким образом, скорость подвигания лавы 243 на 40%, а суточная нагрузка на 55% были выше, чем в лаве 242. Благодаря сокращению сверхурочных смен расходы на оплату труда рабочих уменьшились на 20%, а на материалы, энергию и амортизацию оборудования — на 29%, так что общие расходы в лаве 243 снизились, по сравнению с расходами в лаве 242, на 11,77 марки/т. При этом сокращение числа вывалов породы из кровли способствовало снижению нагрузки на транспортные средства в лаве и на последующих участках, а также на обогатительных установках. Поэтому и на этих производственных участках в лаве 243 было обеспечено улучшение экономических показателей.

Положительные результаты получены также во время работы систем ЭГУ на ряде шахт ФРГ при струговой выемке.

Фирмой «Вестфалия Люнен» была разработана струговая установка, которая в принципе должна была допускать выемку угля без присутствия человека в забое. В ФРГ на шахте «Монополь» в 1984 г. началась подготовка к внедрению комплекта оборудования с системой ЭГУ, а с 1986 г. в течение нескольких лет находилась в эксплуатации первая лава с ЭГУ «Панцерматик», использованной для синхронной передвижки крепи фирмы «Вестфалия Люнен». В результате этого средняя нагрузка на лаву в отдельные периоды превышала аналогичный показатель в лаве без системы ЭГУ в 1,5 раза и составляла 1920 т/с, а производительность труда рабочего по лаве возросла в 1,2—2,0 раза и составила 18,4—28,8 т/смену, причем расходы по лаве на 1 т товарного угля были аналогичны заданным в лавах без системы ЭГУ.

Длительную эксплуатационную проверку прошла также система автоматического управления выдвиганием призабойных консолей с использованием бесконтактных чувствительных элементов — герконов.

Система активного межсекционного перекрытия оказалась эффективной при выравнивании секций в условиях больших углов падения пласта. Выдвижные консоли крепи с синхронным управлением удерживают постоянное незначительное расстояние от концов перекрытий до забоя, обеспечивая тем самым хорошее управление кровлей. При возможных обрушениях можно быстро и безопасно вновь эффективно поддерживать кровлю. При небольшой ширине призабойного пространства и трудно

подающемуся разработке стругами угле большое значение имеет удобство обслуживания ЭГУ. Создаются также возможности для обслуживающего персонала непрерывно следить за положением забойного конвейера.

Проведенные во второй половине 80-х гг. исследования и опытная эксплуатация показали, что автоматическая передвижка крепи с сохранением контакта перекрытий с кровлей при одновременном автоматически регулируемом увлажнении верхней стороны перекрытий водой под высоким давлением обеспечивают также существенное уменьшение пылеобразования в лаве. Кроме того, выдерживалась определенная, заданная ширина захвата струга при связи забойной крепи с датчиком пути струга, а также осуществлялась автоматическая передвижка конвейера на заданную величину вслед за проходом струга. Поэтому возможна эффективная разработка тонких пластов, трудно поддающихся выемке стругами.

Внедрение систем ЭГУ дает весьма заметный эффект и на мощных пластах. Так, эти системы работают в течение нескольких лет, с августа 1986 г., на шахте «Вестфален» на пластах мощностью 5,5 м со щитовыми крепями, имеющими следующие особенности: эффективное поддержание кровли до 3 м над конвейером в забое, склонном к образованию откоса; большое усилие на концах выдвинутых призабойных выдвижных консолей, достигающее 300—450 кН; высокая несущая способность крепи, составляющая 700—800 кН/м<sup>2</sup>; повышенная гидравлическая раздвижность благодаря применению стоек тройной раздвижности. Управление секцией производится от соседней секции, и при этом выполняется 18 операций.

Весьма продуктивным оказался опыт внедрения систем ЭГУ на крутых пластах на шахтах «Консолидацион» и «Нордштерн» (ФРГ) на пластах мощностью 2,8 м с углом падения от 54 до 81°, а также на шахте «Вутер» (Франция), где по пласту мощностью 2,8 м и с углом падения 63° работает агрегат АКН, созданный на базе советского агрегата АКЗ и приобретенный по лицензии фирмой «Хемшайдт» (ФРГ).

Агрегат АКН управляется с центрального пульта управления, расположенного в вентиляционном штреке, без присутствия людей в лаве. Применена система «Хетроник 200/300». Первый автоматизированный агрегат введен в эксплуатацию в 1988 г., второй — во второй половине 1989 г. Внедрение системы ЭГУ позволило автоматически регулировать процесс выемки в зависимости от изменения параметров лавы, поддерживать прямолинейность лавы, регулировать скорость резания в зависимости от нагрузки на электродвигатели и способствовало существенному снижению травматизма, повышению скорости подвигания забоя, коэффициента машинного времени и, в конечном счете, повышению производительности труда рабочих в лаве.

Положительный опыт применения систем ЭГУ в наиболее сложных условиях в ФРГ был подтвержден и опытом других стран. Как правило, возрастали, причем существенно, технико-экономические показатели работы лав и шахты в целом. Так, на одной из шахт Великобритании внедрение системы ЭГУ позволило увеличить скорость подвигания на 14%; среднесуточная нагрузка на лаву на нескольких шахтах возросла на 15%. В ряде случаев резко повысилась производительность труда. Так, на шахте «Парк Милл» (Великобритания) внедрение систем ЭГУ способствовало повышению производительности труда по шахте с 2 до 8 т/чел.-смену.

Важнейшим положительным свойством систем ЭГУ явилось то, что в 1,5—2,0 раза ускоряется передвижка крепи.

В связи с созданием комбайнов, обеспечивающих скорости подачи до 10 м/мин и более, возникла необходимость существенного увеличения скорости передвижки секций крепи (до 8—9 с). Данная задача может быть решена только с помощью электронных систем управления, при которых продолжительность передвижки секций крепи шириной до 1,5 м составляет (при массе 12 т) 8—9 с (снятие распора 2 с; передвижка — 4,0—4,5 с; установка в новой позиции — 2 с). При ручной гидравлической системе минимальное время передвижки составляет 12,0—12,5 с, и для ускорения процесса передвижки необходимо наличие в лаве нескольких операторов.

В настоящее время наиболее совершенные конструкции, в частности, разработанные в США, обеспечивают опускание, передвижку и распор крепи за 8 с. Поскольку при этих системах передвижка может осуществляться оператором с наиболее удобной позиции, существенно снижается утомляемость и повышается работоспособность оператора.

Положительные результаты применения систем ЭГУ определяются достигнутым уровнем создания технических средств и математического обеспечения. В действующих за рубежом системах управления крепью применяются искробезопасные аппараты управления, гидравлические распределители и чувствительные элементы, расположенные на каждой секции. Помимо этого, в штреке может быть установлен центральный аппарат управления.

Функции центрального аппарата управления: указание рабочих состояний в системе управления крепью и управление функциями крепления при взаимодействии системы управления крепью с выемочной машиной и пневмозакладочным оборудованием, а также накопление данных о состоянии крепи, их обработка и передача на участковый диспетчерский пункт на поверхности.

Электромагнитные клапаны, чувствительные элементы, кабели для передачи данных и системы питания связаны с аппаратом управления штепсельными соединениями. Благодаря этому

обеспечивается легкая замена всех компонентов. В аппаратах управления каждой секции располагается микропроцессор, обеспечивающий контроль всех функций крепи. Так, в аппарате управления «Хетроник 100/112» фирмы «Хемшайдт», выполняющем 12 функций, рабочие состояния и неисправности отображаются на 16-позиционном светящемся индикаторном приборе на жидких кристаллах.

Для управления цилиндрами применены искробезопасные клапаны, приводимые в действие электромагнитами. Например, в системе фирмы «Вестфалия Люнен» для управления главным клапаном в действие приводится сначала включаемый без давления клапан предварительного управления и вслед за ним клапан включения напора. Клапан предварительного управления имеет гидравлическую самоблокировку. Таким образом, после включения клапана предварительного управления может быть прекращена подача электрического импульса. Благодаря подобной конструкции обеспечивается возможность работы клапана перемещения с малой электрической разрывной мощностью. Характерной особенностью последнего поколения систем управления крепью являются их малые размеры.

Для автоматического управления используются чувствительные элементы, реагирующие на физические, химические или другие параметры и преобразующие их в электрические сигналы. Такими чувствительными элементами являются манометрические выключатели, аналоговые датчики давления, аналоговые и цифровые датчики перемещения, концевые выключатели, датчики угла наклона комбайна и положения редуктора режущей части относительно корпуса машины. Применяются датчики, работающие на различных принципах: индукционные, лазерные, ультразвуковые и др.

В лавах чувствительные элементы подвергаются экстремальным механическим и климатическим перенапряжениям. Из этого вытекают следующие требования: искробезопасность, пыле- и водонепроницаемость, высокая механическая прочность, малые размеры, стабильность измеряемого сигнала в течение длительного времени, невосприимчивость к температурным колебаниям, возможность обнаружения коротких замыканий и обрывов цепи, длительный срок службы и невысокая цена.

Аналоговые датчики и выключатели давления применяют для контроля давления в стойках крепи и цилиндрах. Датчики давления работают как поршневой манометр. Они отличаются простотой устройства и высокой надежностью. Однако недостатком их является то, что каждый выключатель рассчитан только на определенную величину давления. В отличие от выключателей давления аналоговые датчики давления (рис. 9, а) передают измеряемые сигналы бесступенчато. При этом давление в гидросистеме воздействует на стальную мембрану, на которой со стороны отвода жидкости наклеена тензометрическая полос-

ка. Сигнал об изменении сопротивления через усилитель подается в цепь управления в виде пропорционального давлению изменения тока или напряжения. В случае применения этого типа датчиков давления, наряду с другими требованиями, основную роль играют усталостная прочность и способность демпфирования при пиковых возрастаниях давления.

Датчики перемещения (рис. 9, б) служат в секциях крепи для установления длины хода цилиндра, в котором поворотно-поступательное движение поршня преобразуется в соответствующее вращательное движение. При другом методе измерения длины хода цилиндра используются герконы (рис. 9, в). При-

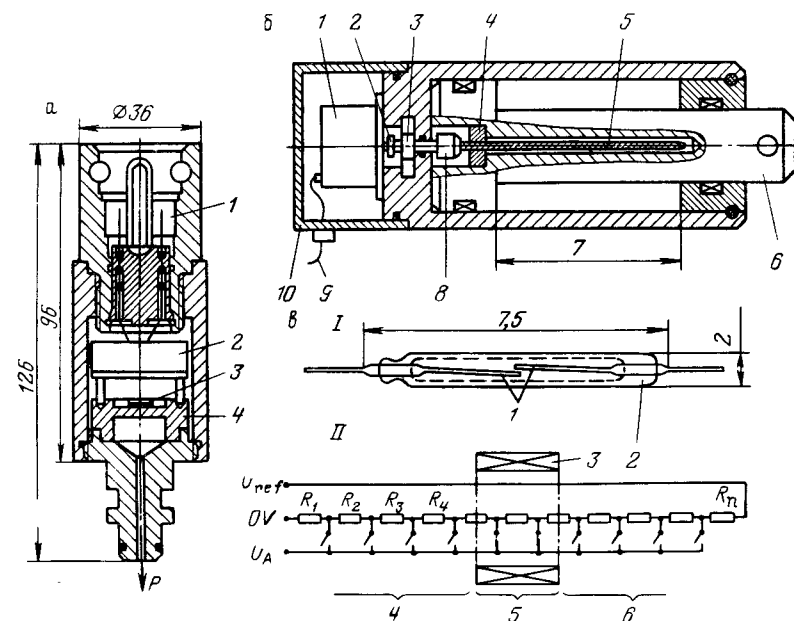


Рис. 9. Датчики систем электрогидравлического управления:  
а — аналоговый датчик давления фирмы «Вестфалия Люнен»: 1 — электрическое штепсельное соединение; 2 — усилитель; 3 — тензометрическая полоска; 4 — стальная мембрана;  
б — цилиндр со встроенным датчиком перемещения фирмы «Бохумер Айзенхютте Хайнцман»: 1 — потенциометр; 2 — фрикционная муфта; 3 — проходная герметичная втулка; 4 — гайка с наружной резьбой; 5 — резьбовая штанга; 6 — шток поршня; 7 — ход поршня; 8 — соединительная муфта; 9 — кабель; 10 — крышка;  
в — перемещение цилиндра с использованием герконов фирмы «Вестфалия Люнен»: 1 — геркон; II — принцип измерения; 1 — контакты; 2 — стеклянный корпус; 3 — постоянный магнит; 4, 6 и 5 — соответственно разомкнутые и замкнутые герконы

мером измерения пути с помощью отдельно установленных измерительных цилиндров является система управления выдвижением призабойных поджимных консолей фирмы «Клэкер Бе-

корит». Под призабойной поджимной консолью расположены два цилиндра выдвижения и отдельно установленный датчик перемещения. При включении в работу системы управления выдвижением поджимных консолей необходимо контролировать отклонение консолей вниз во избежание их столкновения с корпусом струга. Для этого, например, могут быть применены искробезопасные индуктивные выключатели. Расстояние, при котором происходит срабатывание, может достигать 45 мм.

На центральном аппарате управления отображаются данные и состояние системы управления. Важным требованием является возможность дистанционного корректирования программ. Это удовлетворяет, например, система «Панцерматик М». Она состоит (рис. 10) из: блока управления М 2; шин цепи управления клапанами со схемой контроля работы электронной аппаратуры; модульной системы многоканального дистанционного управления крепью с командными клапанами, включающимися в безнапорном состоянии.

С помощью этой системы также можно работать в режимах ручного управления при производстве ремонтных работ, двухстороннего местного управления от соседней секции крепи, управления с заданной последовательностью функций и группового управления секциями. Кроме того, данная система оснащена подсистемой связи с комбайном. Это означает, что секции выполняют определенные функции, получая сигналы о местоположении комбайна. При управлении механизированной крепью с заданной последовательностью функций происходит автоматическое передвижение одной секции. Эта система управления охватывает, как минимум, разгрузку стоек от давления, передвижку крепи и последующий распор стоек до заданного давления. В зависимости от типа и числа встроенных в крепь чувствительных элементов управление может производиться в функциях времени, давления или пути передвижки. При выходе из строя чувствительных элементов происходит автоматическое переключение на управление в функции времени с тем, чтобы избежать возникновения опасных ситуаций. Программы управления построены таким образом, что наиболее важные параметры могут дополнительно корректироваться. Управление с заданной последовательностью функций, а также отдельными функциями возможно от соседней секции как с правой, так и с левой стороны. Может быть выбран также режим группового управления, при котором автоматически передвигаются до 15 секций последовательно. Начало движения соседней секции осуществляется посредством импульса на последовательное включение, подаваемого на соседнюю секцию при достижении минимального усилия распора порядка 10 МПа. Выбор группы секций с правой или левой стороны и последовательности перемещения в пределах группы определяет рабочий, производящий передвижку крепи.

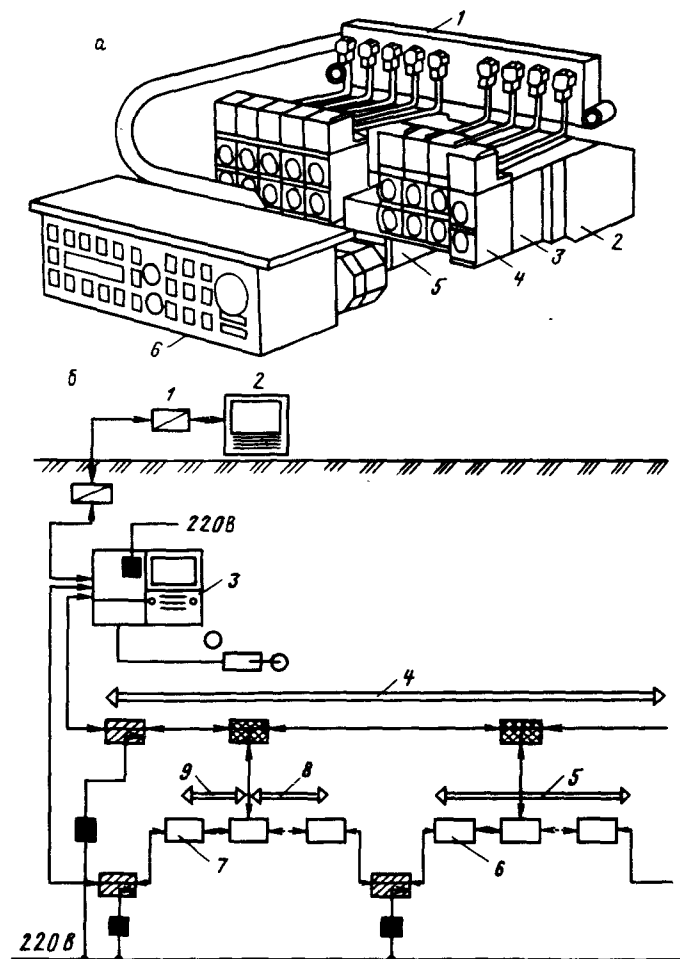


Рис. 10. Электрогидравлическая система управления крепью «Панцерматик-М» фирмы «Вестфалия Люнен»:

а — схема блоков: 1 — кнопочная панель управления клапанами; 2 — рабочий клапан; 3 — вспомогательный клапан предварительного усиления; 4 — двойной силовой электромагнит постоянного тока; 5 — напорный деблокирующий клапан; 6 — блок управления М2;  
б — функциональная схема системы: 1 — модем; 2 — разработчик программного обеспечения; 3 — центральная ЭВМ; 4 — центральная система шин; 5 — групповая шина; 6 и 7 — блоки управления; 8 и 9 — шины для двухстороннего управления от соседней секции

Для струговых лав разработана программа передвижки конвейера на заданную величину, что производится после каждого

прохода струга. Созданы также системы ЭГУ, позволяющие объединить процессы выемки, крепления и закладки, предусматривающие управление функциями крепи от комбайна, передвижку конвейера по заданной программе управления: установкой и подтягиванием ограждающих фартуков, выпуском закладочного материала, закладочными трубопроводами и машиной. Данная система была введена в эксплуатацию на шахте «Фридрих Генрих» (ФРГ) при разработке пласта «Жирондель 5» с использованием четырехстоечной щитовой крепи с диапазоном раздвижности от 1,5 до 3,0 м, шагом установки секций 1,75 м и сопротивлением секций крепи  $520 \text{ кН/м}^2$ . Среднесуточная скорость подвигания очистного забоя составила 2,92 м, среднесуточная добыча — 1927 т товарного угля, затраты на лаву — 44,8 марок/т. Наилучшие показатели: скорость подвигания — 3,53 т/сут, объем добычи — 2542 т/сут, затраты на лаву — 39,5 марок/т.

Программное обеспечение распространяется также на синхронное управление производственными процессами в лаве, при котором предусматриваются заданное выдвижение призабойных подвижных консолей при передвижке конвейера и их выдвижение при передвижке крепи. Управление кровлей с применением призабойных выдвижных консолей особенно эффективно, если управление осуществляется от комбайна. Программа управления включает: складывание противоотжимных щитков и выдвижение призабойных консолей перед комбайном; выдвижение призабойных консолей после прохода верхнего шнека; выдвижение противоотжимных щитков после прохода нижнего шнека; последовательную передвижку конвейера; подтягивание секций щитовой крепи.

При управлении крепью в зависимости от положения комбайна необходимо учитывать, как производится выемка: на полную или неполную мощность пласта. Сигнал о положении комбайна поступает на центральный пульт управления лавы и одновременно вводится в ЭВМ каждой секции.

В зависимости от положения комбайна предусмотрено выполнение определенных функциональных операций (рис. 11). Для реализации представленной схемы определяются расстояния до секций крепи, находящихся впереди и сзади комбайна. При этом учитываются факторы безопасности. Так, наличие выдвинутой откидной консоли перед шнеком приводит к отключению комбайна. Ошибочные операции или ошибки в измерениях, не относящиеся по своему характеру к опасным, вызывают только подачу аварийного сигнала.

Значительная сложность сформулированных задач видна из того, что около 15 секций крепи, расположенных впереди комбайна, готовятся к выполнению операций по передвижке, в то время как примерно в 30 щитовых секциях, находящихся сзади комбайна, заканчивается выполнение операций подготовки для

второй передвижки. Таким образом, координирующая центральная ЭВМ, расположенная на штреке, должна постоянно контролировать около 50 секций.

В период поэтапного ввода в эксплуатацию было выявлено, что разработка детальных вычислительных программ требует

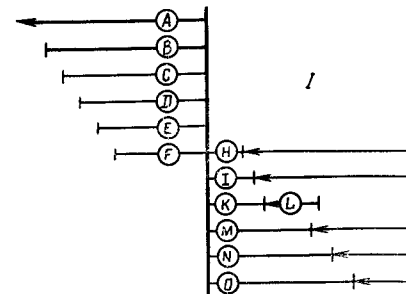


Рис. 11. Ход рабочего процесса при управлении крепью в зависимости от положения шнекового комбайна в лаве:

A — втягивание откидной консоли; B — откидная консоль задвинута; C — выдвижная консоль задвинута; D — контроль наклона регулируемой консоли; E — крепь заблокирована; F — неполадка в отдельном блоке управления; H — выдвижная консоль выдвигается; I — откидной верхняк выдвигается; K, L — включение процесса «передвижка конвейера»; M — выключение процесса «передвижка конвейера»; N — первая группа секций подтягивается вперед; O — вторая группа секций подтягивается вперед; I — зона, расположенная сзади шнекового комбайна

больших затрат квалифицированного труда. Большую помощь здесь оказала, в частности, возможность дистанционного ввода новой программы в ЭВМ.

Система коммуникаций, связывающих ЭВМ секций крепи друг с другом и с центральной ЭВМ, выполняется с резервом. Последний обеспечивается наличием двух отдельных систем шин, благодаря которым при разрыве линии между двумя блоками передача информации не прекращается. Одна линия, подключенная к центральной системе шин, проложена по забойному конвейеру. ЭВМ каждой восьмой секции крепи соединена с центральной системой шин с помощью переходного устройства для подключения к сети. ЭВМ каждой секции крепи связана с ЭВМ соответствующей соседней секции с помощью шин для двустороннего местного управления, а в группах из восьми ЭВМ — с помощью системы шин. Восемь ЭВМ соответствующей группы подключены к источнику питания.

Важным шагом в повышении надежности и эффективности использования систем ЭГУ явилось внедрение систем со свободным программированием, созданных в конце 80-х гг. Эти системы обеспечивают выполнение ряда операций. В системе ЭГУ «Хетроник 200/512» число их доходит до 12. Это разгрузка и распор стоек, передвижка секций крепи и забойного конвейера, выдвижение и складывание домкратов, освобождение и под-

жим межсекционных перекрытий, выдвижение и вдвижение консолей перекрытий, регулирование наклона выдвижной части перекрытий и др.

Система предупреждает о неисправностях, выполняет также контрольные и диагностические функции. Сравнительно легко осуществляются и логические связи между функциями и процессами.

Данная система управления используется для управления от соседней секции; управления последовательностью операций; последовательного управления группами секций; синхронного управления; обеспечения гарантированного распора. Ввод параметров осуществляется через параметрический блок. С пульта управления машинист может сделать запрос о состоянии всех секций и управлять отдельными секциями или группами секций.

Таким образом, автоматизация операции крепления способствует выполнению основных требований управления кровлей в лаве.

Эффективное использование выдвижных верхняков возможно лишь при автоматизации, поскольку в результате синхронизации выдвижения верхняков с работой машины исключается запаздывание крепления, обусловленное ошибками машиниста. Контроль за гидравлическим давлением в стойках дает возможность полностью реализовать усилия в щитовой крепи, предусмотренные фирмой-изготовителем. При этом значительно улучшается обзорность процессов в лаве. Индикация гидравлического давления в стойках на секциях щитовой крепи или на приборах в участковой диспетчерской позволяет своевременно обнаруживать неисправности в гидравлической системе и устранять их. Замеры величины выдвижения гидроцилиндров передвижки и передача данных измерений в участковую диспетчерскую гарантируют постоянное получение сведений о состоянии лавы и являются основой согласования работ по выемке и креплению.

Вместе с тем следует отметить, что системы ЭГУ достаточно сложны, поэтому решающим аргументом при их внедрении является проблема надежности.

Для управления и контроля выемочного участка передается до 200 сообщений. При использовании систем ЭГУ число сообщений возрастает до 1000 на одну лаву. Например, при 200 секциях крепи имеют в лаве до 7600 контактных и 15 200 паяных соединений при чувствительности к утечкам до 10 кОм. Поэтому внимание конструкторов сейчас сосредоточено на дальнейшем повышении добротности измерительных систем. Так, первым шагом к повышению надежности элементов преобразователей является использование бесконтактных датчиков пути. Подверженность повреждениям датчиков давления может снижаться путем защиты их от воздействия в системах крепи

пиковых значений давления или созданием датчиков, которые смогут без последствий воспринимать такие пики.

Одним из путей повышения надежности систем управления является максимальное уменьшение числа данных, необходимых для автоматизации управления секциями крепи с центрального пульта и передаваемых в центральную диспетчерскую. Поток данных к центральному пульту должен служить исключительно для контроля работы комплекса.

Устройства управления передвижкой крепи, как следует из приведенных примеров, позволяют обойтись без центральных устройств управления, что упрощает систему автоматизации и повышает ее надежность.

Иначе говоря, автоматизированная лава будущего, по-видимому, будет состоять из децентрализованных индивидуальных систем и участковой диспетчерской. При этом необходимо решить задачу увязки индивидуальных систем в единую общую систему лавы. В качестве подсистем, подлежащих увязке, можно указать на процесс выемки в лаве, включая пылеподавление, подпроцесс передвижки крепи с подавлением пыли, транспорт по лаве и в штреке, внесение закладки и информационную систему.

К единой системе лавы предъявляют следующие требования: децентрализованное управление крепью и контроль за всей системой из участковой диспетчерской; высокий коэффициент готовности подсистем; возможность по выбору осуществлять управление из лавы или из участковой диспетчерской; типизация систем автоматизации и сопряжений; высокая надежность и достаточная скорость передачи данных;

возможность дистанционного изменения программы управления в связи с изменением условий работы.

В результате автоматизации работ по креплению в лаве достигается существенный прогресс в управлении горным давлением и предотвращении вывалов породы и угля, что позволяет достичь резкого повышения производительности труда. Дальнейшие резервы повышения производительности труда могут быть вскрыты, если все подсистемы в лаве при большей гибкости индивидуальных систем будут увязаны в единую систему. Зарубежные специалисты подчеркивают, что успешная работа автоматизированной лавы будет зависеть в еще большей степени, чем сейчас, от создания личностных предпосылок: необходимости подготовить персонал качественно новой квалификации для обслуживания и ухода за оборудованием и аппаратурой.

Большое значение приобретают проектирование и подготовка к работе. Они охватывают весь очистной участок и начинаются на стадии составления плана горных работ. Особое значение



имеет оптимизация проектирования с точки зрения механики горных пород и техники крепления. Опыт стран, внедривших системы ЭГУ, свидетельствует о том, что чем тщательнее будут проведены подготовка, проектирование и планирование работы автоматизированных лав, тем выше будут их технико-экономические показатели.

Эффективность решения задач по созданию работоспособных надежных систем ЭГУ за рубежом обеспечена активным сотрудничеством разработчиков, фирм-изготовителей и эксплуатационников. Весьма важным и благоприятным для производства является то, что системы ЭГУ предлагаются разными фирмами, т. е. имеется возможность выбора на конкурентной основе системы, наиболее подходящей для данных условий. При значительном расширении функциональных возможностей системы выпускаются в модульном исполнении, при необходимости могут поставляться в упрощенных вариантах; набор модулей позволяет оптимально решать конкретные задачи. Помимо того, поставляемые системы в каждом отдельном случае, как правило, корректируются в соответствии с требованием заказчика.

В результате проделанной в течение ряда лет работы во второй половине 80-х гг. системы ЭГУ начинают находить все более широкое применение. Так, только фирмой «Даути», (Великобритания), имевшей заказы в I квартале 1988 г. от 19 государств на 361 комплект механизированных крепей, 55 лавокомплектов были поставлены с системой ЭГУ в 8 стран мира, в том числе в США — 19, в Австралию — 15, Великобританию — 13 (а всего компании «Бритиш коул» был поставлен 21 комплект), в Венгрию, Канаду, ЮАР — по 2, в СССР и Новую Зеландию — по 1. К середине 1987 г. системы ЭГУ находились в стадии опытного применения в Польше, где была разработана система управления с соседней секции для крепей «Глиник».

В благоприятных условиях системы ЭГУ внедрялись особенно интенсивно. Так, в США в 1985 г. работало 12 систем, в 1987 г. — 30 длинных забоев из 96, или 32%, были оснащены системами ЭГУ, в 1989 г. — уже 40 лав (45%) и заказано еще 10 комплектов; причем в США при ограниченном числе длинных забоев (в среднем около 100) в основном использовалось немецкое и английское оборудование: системы «Панцерматик» фирмы «Вестфалия Люнен» — 2 комплекта, система «Хетроник» фирмы «Хемшайдт» — 12, «Даути» — 11, системы «Электрофлекс» фирмы «Галлик Добсон» — 2. В Австралии системами ЭГУ оснащено 12 лав.

Однако в странах, где впервые были созданы эти системы, они действовали к 1990 г. только в 20 лавах Великобритании и 14 лавах из 140 в ФРГ. Сравнение с другими угледобывающими странами показывает, что крепи в ФРГ гораздо сложнее

по конструкции из-за тяжелых условий выемки и, следовательно, требуют более дорогостоящих систем управления, что вступает в противоречие с весьма ограниченными финансовыми возможностями шахт ФРГ.

Более простые электрогидравлические системы управления в настоящее время лишь немного дороже гидравлических систем управления. Изготовители и потребители отмечают снижение цен в целом и повышение производительности элементов электроники. Тем не менее встает вопрос: оправдывают ли себя системы ЭГУ?

К концу 80-х гг. экономически оправданным (с учетом только прямого эффекта) было применение крепей при среднесуточных нагрузках на лаву, как указано выше, более 1800 т (отсюда и преимущественное внедрение в США и Австралии).

Однако накопленный опыт эксплуатации систем ЭГУ показывает, что, несмотря на их дороговизну и сложность, они обеспечивают значительное повышение надежности всего процесса в лаве. Но самым существенным является то, что в 90-х гг. внедрение систем ЭГУ является основным направлением повышения производительности труда в лаве.

При этом, по мере совершенствования систем ЭГУ, для которых существуют широкие возможности увеличения выпуска, стоимость будет существенно уменьшаться, что приведет к снижению порога рентабельности при добыче 1800 т/с на рубеже 90-х гг. до 1500 т/с и ниже.

Наряду с автоматизацией процессов крепления и управления механизированной крепью за рубежом решался также ряд других задач по автоматизации работ в лаве. При этом можно выделить последовательно следующие задачи:

- дистанционное управление выемочной машиной;
- управление направленным движением выемочной машины по пласту;
- управление от комбайна передвижкой секции крепи;
- автоматизация работы выемочных машин (комбайнов и стругов), создание единой системы автоматизированного управления всеми процессами в лаве.

В течение ряда лет разрабатывались системы радиотелеуправления в Великобритании, ФРГ, Франции, Польше, при которых оператор находился на некотором расстоянии от выемочной машины в наиболее благоприятном месте. При этом использовалась аппаратура, работающая на различных частотах. Однако на первых порах широкого практического применения данные системы не получили, несмотря на принципиальную пригодность их к работе, поскольку они решали только частную задачу, и по условиям производства в них не возникала острая необходимость.

Существенные недостатки этих систем — сравнительно незначительный радиус действия (10—15 м) и недостаток инфор-

мации, получаемой машинистом и необходимой для управления машиной.

На начальной стадии работ в данном направлении на шахте «Проспер Ханнэль» (ФРГ) при разработке крутых пластов было использовано несколько комбайнов, управляемых и контролируемых с пульта управления. При этом передача сигналов осуществлялась по проводам с использованием двойной системы: между пультом управления и источником питания применялась тональная частота с уплотнением каналов, а от источника питания до комбайна — система с несущей частотой.

Практическое применение эти системы нашли во второй половине 80-х гг. В ФРГ на пластах выше средней мощности к 1987 г. 48% машин было оснащено системами радиоуправления, 18 комбайнов с радиоуправлением работали во Франции. В Великобритании эти системы использовались в значительном числе лав. Радиоуправление комбайнами применяется также в Польше, где разрабатываются системы, позволяющие управлять комбайном или непосредственно от машины, или со штрека.

О потенциальных возможностях современных систем радиоуправления свидетельствуют опыты, проведенные во Франции 19 мая 1987 г., когда управление комбайном в лаве на глубине более 600 м (на шахте «Ля Ув», Лотарингия) осуществлялось на расстоянии 250 миль из центра управления, расположенного вблизи Парижа.

В Великобритании была создана встроенная в комбайн система МИДАС для автоматизации и контроля управлением исполнительными органами комбайна по гипсометрии пласта и положением машины в плоскости пласта при работе его с конвейера, разработанная в корпорации «Бритиш коул» в содружестве с фирмами «Сэлфорд илектрикэл» и «Андерсон Стресклайд».

Система МИДАС отображает параметры машины и передает эту информацию на диспетчерский пункт на поверхности.

Потенциальный объем таких систем — 50% общего числа очистных забоев угольной промышленности Великобритании.

До середины 80-х гг. фирмой «Андерсон Стресклайд» было поставлено на шахты угольной промышленности Великобритании 26 комбайнов, оснащенных системой МИДАС. К 1987 г. на них было смонтировано уже 30 систем направленного вождения комбайнов. Из них 20 работали с системой контроля толщины пачки угля, оставляемой в кровле; 10 — с общими системами контроля положения машины в вертикальной плоскости. В 1987 г. корпорация закупила еще 16 комбайнов с данной системой, которая во второй половине 80-х годов внедрялась и в других странах. Эта система может применяться с комбайнами одно- и двухбарабанного исполнения АВ16 и АМ500, а также с комбайнами с электрической подающей частью и многопривод-

ными. Система приемлема при более чем 20 различных технологических схемах добычи угля в зависимости от изменения длины лавы, вынимаемой мощности пласта, угла наклона пласта, типа привода и диаметра шнеков и др.

При работе системы МИДАС в одной из лав сменная нагрузка на 42% выше, чем при работе без данной системы.

В Великобритании созданы также системы ДИАМ фирмы «Бритиш Джеффри Даймонд» для комбайнов данной фирмы и «Пасфайндер» фирмы «Питкрафт саммит». В эксплуатации находятся 14 систем ДИАМ и четыре «Пасфайндер»; последние работают с одношнековыми комбайнами. Аппаратура системы монтируется на корпусе машины. В схеме контроля положения машины относительно кровли 7 датчиков. Периодичность подачи сигналов 0,1 с.

Однако схема, основанная на применении гамма-датчиков, разработана для Великобритании, где требуется оставлять в кровле слой угля, но неприемлема для стран, где выемка производится на полную мощность пласта. В связи с этим фирма «Андерсон Стресклайд» совместно с «Бритиш коул» работала над созданием системы, основанной на измерении усилия резания на зубках.

Фирма «Дауги» (Великобритания) и французские специалисты разработали аппаратуру с инфракрасными датчиками. Однако последняя имеет высокую стоимость и требует проверки. В США идут опыты по применению сейсмодатчиков для контроля направленного движения выемочного комбайна.

Работы по созданию эффективных датчиков слежения границы уголь—порода ведутся также в Польше, Японии, Франции.

В ФРГ в течение длительного времени специалисты придерживались мнения о нецелесообразности разработки систем полной автоматизации выемочных комбайнов ввиду сложных условий работы машины, особенно в экстремальных обстоятельствах. Во второй половине 80-х гг. разработка систем автоматизированного управления движением комбайна началась и в ФРГ.

При комбайновой выемке эффективность управления находится в зависимости от состояния пород. Несмотря на ряд предлагаемых решений, не были созданы надежно действующие датчики для определения границы уголь — порода. Поэтому в ФРГ в конце 80-х гг. была предложена система автоматизации, независимая от геологических факторов, которая прошла к 1990 г. трехкратные испытания в подземных условиях.

Было предложено осуществлять управление комбайном из диспетчерской лавы, расположенной на поверхности, используя систему радиосвязи на частоте 434 МГц. При этом предусматриваются автоматическое регулирование тока электродвигателя режущей части и скорости подачи в зависимости от крепости угля и наличия породных прослоек, возможность перемены



направления вращения электродвигателя подающей части при возникновении экстремальных нагрузок (например, при повышении в 3 раза силы тока двигателя режущей части). Разработана также система автоматического регулирования по высоте редуктора шнека, обеспечена автоматическая коррекция в связи с продольным и поперечным наклонами комбайна, вызванными изменением положения конвейера.

Однако, как указывалось выше, отсутствие надежного датчика границы уголь — порода ограничивает степень глубины автоматизации.

В 1985 г. в ФРГ были начаты также работы в области автоматизации струговых установок. Первые схемы прошли испытания и были доведены до эксплуатационной пригодности на нескольких шахтах.

Особенно сложна была задача поддержания правильного положения струга с тем, чтобы не допускать его углубки в почву или кровлю.

Наиболее оптимальным было бы производство необходимой коррекции по положению идущих по почве нижних резцов. Однако так как до начала 90-х гг. не решена задача автоматического регулирования положения нижних резцов, управление стругом производится по положению конвейера. В аппарат управления подаются сигналы о поперечном наклоне конвейера, потреблении энергии электродвигателями струга и конвейера, давлении в гидросистеме цилиндров передвижки, местоположении струга в лаве, концентрации метана и др. В соответствии с заданной программой в ЭВМ диспетчерской участка на поверхности фактические величины сопоставляются с заданными и подаются соответствующие сигналы управления. При этом производится автоматический контроль за процессами и управление ими: положение конвейера в продольном и поперечном направлении, управление приводом струга по заданной программе, потребление тока электродвигателями струга и конвейера в зависимости от положения струга и конвейера, а также скорости струга; предварительное натяжение цепи в зависимости от степени ее провисания; управление устройством орошения в зависимости от положения струга; дистанционное управление и контроль всех прочих транспортных средств в выемочных штреках. Процесс управления осуществляется диспетчером участка. В 1986 г. в ФРГ начались работы по использованию чувствительных элементов, основанных на различных физических принципах, для определения границы уголь — порода. Наиболее обещающим явился оптический метод, при котором использовались способности отражения породами оптических сигналов. Чувствительный элемент, состоящий из высокопрочной керамической головки с вделанным в нее световодом, располагается непосредственно за нижним резцом.

Однако внедрение данных чувствительных элементов не решает в полной мере задачи создания в сложных и постоянно меняющихся условиях лавы надежно действующей системы автоматизации комбайна. В связи с этим в ФРГ ведутся исследования с целью решения данной проблемы путем создания мультисенсорной системы, в которой используется комбинация параллельно работающих датчиков, построенных на разных физических принципах.

При исследованиях проверено до 16 различных физических методов, из которых выбрано шесть наиболее соответствующих конкретным условиям лавы, в том числе такие, как сила реакции на зубках, вращающий момент на валу электродвигателя режущей части, различие в отражательной способности угля и породы, оптическое измерение естественной радиоактивности. Стендовые и промышленные испытания первого комбайна с мультисенсорной системой для определения границы уголь — порода проведены в 1990 г.

Необходимость обеспечения бесперебойности производственного процесса потребовала создания нового класса периферийных устройств и новых схемных решений, которые помогли обеспечить взаимодействие механизмов лавы и диагностику состояния оборудования.

В Великобритании эти задачи решаются описанной системой МИДАС. Во второй половине 80-х гг. в эксплуатации находилось 12 таких систем в Великобритании и одна в Австралии. Расходы на МИДАС были покрыты за 35 рабочих смен. В 1987 г. был спущен в шахту новый образец системы для комбайна АМ500 с двумя исполнительными органами. В 1988 г. осуществлялось дальнейшее расширение сферы диагностики, выполняемой данной системой. При этом обеспечивался контроль параметров гидравлической подающей части комбайна (расход жидкости), системы смазки шестеренчатых передач, а также различных параметров аппаратуры (уровень, давление, расход, температура и др.). Может быть обеспечено до 40 датчиков параметров. Эта информация вводится как на дисплей машины, так и может быть передана на поверхность. Рядом фирм (в частности, «Бритиш Джеффри Даймонд», Великобритания, «Эйкгофф», ФРГ) созданы также бортовые микропроцессорные системы управления и диагностики выемочных комбайнов. Системы непрерывно контролируют скорость подачи, давление в гидросистеме, потребление электроэнергии, расход воды в системе охлаждения и др., а также соответствие фактических параметров заданным с выдачей сигнала о расхождении указанных величин.

В отдельных системах диагностики осуществляется также контроль состояния подшипников, зубчатых передач, уровня масла и наличия в нем феррочастиц. Фирмами «Эйкгофф» (ФРГ) и «Метравиб» (Франция) выпущена аппаратура вибро-

акустической диагностики передач, построенная на базе мини-ЭВМ.

Описанная выше система радиуправления комбайном из диспетчерской на поверхности дополнена также системой диагностики, которая включает значительное число параметров (сила тока, давление, температура, напряжение, тяговые усилия, расход охлаждающей воды и т. п.). Для наблюдения на месте на пульте машиниста располагается дисплей, на котором при нажатии кнопки появляется информация о состоянии того или другого элемента в следующей последовательности: заданная величина, объект контроля, единица измерения, точка замера и фактическая величина. Эти же параметры выдаются в диспетчерскую лавы на поверхности.

Функции диагностики, рассмотренные на примере оборудования лавы, становятся одной из наиболее важных характеристик любой информационной системы на всех иерархических уровнях. При этом возникает и решается задача не только диагностирования отступлений от нормальных режимов контролируемой машины, но в еще большей степени самой системы.

Таким образом, к началу 90-х гг. произошли существенные сдвиги в области автоматизации производственных процессов в лаве. И несмотря на еще нерешенные задачи (в первую очередь, создание надежно действующего датчика границы уголь—порода), достигнутые результаты служат базой для дальнейшего, весьма существенного повышения технико-экономических показателей работы лавы.

## ПОДЗЕМНЫЙ ТРАНСПОРТ И ШАХТНЫЙ ПОДЪЕМ

### *Подземный транспорт*

Концентрация работ, повышение суточной добычи шахты и лавы, увеличение шахтных полей и связанное с этим удлинение расстояний от околоствольных дворов, углубление шахт, значительное возрастание объема техники и ее массы, непрерывно повышающаяся производительность погрузочных пунктов, увеличение доли породы в рядовом угле, весьма резко возрастающий объем транспортируемых материалов, рост механизированной доставки людей — все это привело к значительному росту грузопотоков в шахтах. На современных мощных шахтах с суточной нагрузкой 10—15 тыс. т перевозится свыше 20 тыс. т горной массы, более 2500 человек. Транспортный поток включает до 600—700 отдельных транспортных единиц. Идет процесс значительного увеличения габаритов транспортируемого в неразобранном виде оборудования. Существует также тенденция к увеличению потока закладочных материалов. Интенсивно развивается несколько типов транспортных

средств — конвейерный и локомотивный транспорт по магистральным выработкам, средства доставки материалов, монорельсовые и напочвенные дороги, транспорт для людей и, наконец, безрельсовый транспорт. При этом одной из важнейших проблем является создание единой транспортной системы шахты, включающей все указанные средства.

Конвейерный транспорт занимает, наряду с локомотивным, ведущее место в транспортной системе шахт. В отдельных странах он преобладает, например, в Великобритании составляет 90%. На шахтах концерна «Рурколе» (ФРГ) протяженность конвейерных линий к началу 1989 г. превышала 900 км, а уровень конвейеризации (в целом составляющий около 50%) достигнет в 90-х гг. 55—75%, в США превысит 60%. Непрерывно возрастают расстояния транспортирования конвейерными системами, которые могут достигнуть, с учетом выдачи угля на поверхность по наклонным стволам, в частности, на таких комплексах, как «Селби» в Великобритании, 5—8 км и вплоть до 12—15 км. Производительность конвейерных линий составит 2000—3000 т/ч при скоростях движения до 5—7 м/с. На комплексе «Селби» намечена работа двух конвейеров с объемом транспортирования до 10 млн т/год при скорости ленты 7,6 м/с.

Существенно возрастает мощность привода конвейерных линий и разветвленных систем, при этом в одном двигателе на мощных конвейерах — до 250—350 кВт, а суммарная мощность — до 3000 кВт и более. Так, на шахте «Энсдорф» (ФРГ) используется конвейерная линия производительностью до 2800 т/ч с дальнейшим увеличением ее до 3500 т/ч при скорости 5 м/с и ширине ленты 1200 мм, а в наклонных стволах мощность привода достигает  $2 \times 3100$  кВт при скорости ленты 5,5 м/с (новый наклонный ствол длиной 3650 м с углом наклона 14° на шахте «Проспер Ханиэль», ФРГ), а на комплексе «Селби» мощность приводов составит  $2 \times 5$  тыс. кВт.

На шахтах получают широкое распространение конвейерные установки, в которых одновременно используются и верхняя, и нижняя ветви. По верхней ветви транспортируется уголь, по нижней — дробленая порода. В обоих направлениях производится также перевозка людей. Такая схема используется, в частности, в наклонных выработках при разности отметок, достигающей 200 м и выше.

Двигатели различного типа, в частности, имеют консольное расположение роторов или переключатель числа пар полюсов для изменения частоты вращения. Например, в ФРГ работает несколько сотен таких двигателей.

Создаются приводы максимально компактного типа, что достигается за счет применения цилиндрико-конических редукторов, фланцевых соединений и дисковых тормозов. Широкое применение промежуточных приводов (в ФРГ в 1987 г. их было более 60) позволяет максимально использовать полезную

площадь сечения выработки, увеличивать расстояния между опорами конвейера. В отдельных случаях применяются гидродинамические муфты, гидростатический привод, гидротрансформаторы. Используются различные типы тормозных систем. Распространены барабанные гидравлические тормоза. Во второй половине 80-х гг. обозначилась тенденция применения гидравлических дисковых тормозов.

Для компенсации неравномерности поступления угля к стволу конвейеризированные выработки, особенно при реконструкции, оснащаются бункерами и оборудуются, как правило, средствами вспомогательного транспорта. Так, в ФРГ при объединении транспортных систем шахт «Нордштерн» и «Консолидацион» сооружен бункер вместимостью 2000 т, глубиной 40 м, диаметром 9 м, оснащенный спиральным спуском.

На шахтах Великобритании в первой половине 80-х гг. в работе находилось более 400 бункеров разного конструктивного исполнения: стационарные, бункера с установленным в нижней части конвейером (такой бункер представляет собой скребковый конвейер с высокими бортами) и др. Вместимость бункеров колеблется в зависимости от конкретных условий от 600 до 2000 т и более и, очевидно, будет возрастать.

Надежность работы конвейерных линий обеспечивается комплексом мер. Большинство стран отказалось от применения многопрокладочных резинотканевых лент и используют одно- и двухпрокладочные, обладающие рядом достоинств, а именно: исключается расслаивание, повышается ударная прочность, достигается лучшая желобчатость, большая прочность по утку. Для особенно длинных, высокой производительности конвейерных линий во все больших масштабах применяется конвейерная лента с прокладками из стальных канатов. Такие канаты особенно чувствительны к продольным порывам ленты. В связи с этим возникает необходимость разработки специальных защитных средств, одним из которых являются индуктивные датчики. Для предупреждения порывов лент на определенном расстоянии на ленте закрепляются и вулканизируются поперечные тяги из проводящего материала, которые контролируются соответствующими устройствами.

Внедряются ленты с использованием в качестве несущей основы антикоррозийных особо устойчивых материалов. К таким материалам относятся армид.

Серьезное внимание обращается на совершенствование конструкции роликов и роликоопор. Так, фирма «Хьювуд» (Великобритания) выпускает герметизированные ролики. Срок службы таких роликов составляет 5 лет, а в благоприятных условиях достигает и 10 лет. Выпускаемые роликоопоры оснащены пружинящими элементами, что также способствует значительному увеличению сроков службы опор. На конвейерах шахты «Проспер Ханисль» (ФРГ) применены ролики диамет-

ром 133 и 154 мм, покрытые слоем эмали 100—200 мкм, нанесенным по специальной технологии при температуре 820—840°, что также значительно увеличило срок их службы.

В Великобритании и ФРГ разрабатываются конструкции натяжных устройств с встроенными приборами для постоянного контроля величины натяжения ленты и гидросистемы, позволяющие обеспечивать автоматическое регулирование натяжного усилия.

Ряд приспособлений и средств создан для ускорения монтажа и демонтажа конвейерных ставов, производства ремонтных работ: приводы для перемещения с замедленной скоростью ленты при профилактическом осмотре; приборы контроля исправности канатов и ленты, степени их износа; устройства для сварки, клепки, вулканизации, запасовки ленты, смены роликов. Так, в Великобритании выпускается механическое быстроразъемное устройство MRE557, позволяющее осуществлять стык за 30 мин. В местах соединений используются полиуретановые уплотнители. Дополнительная пропитка уплотнителей долговременной смазкой позволяет увеличивать срок службы соединения в 2 раза.

Особое внимание уделяется обеспечению бесперебойной работы разветвленных конвейерных систем. С этой целью повышается надежность конструктивных элементов конвейеров за счет улучшения качества обработки, применения низколегированных антикоррозийных сталей, новых конструкционных материалов, специальных профилей, совершенствования конструкций, выполнения конвейеров из унифицированных блоков и узлов, позволяющих заменить ремонт на поверхности сменой отдельных узлов и деталей.

Идут поиски в направлении создания новых типов конвейеров. Так, в ФРГ, Великобритании, Японии, США разработаны и проходят испытания конвейеры для транспортирования грузов по криволинейным участкам и с углами наклона до 30—45°. Речь идет о конвейерах трубчато-ленточного типа, где лента на криволинейных и крутонаклонных участках сворачивается в трубу (рис. 12).

Предполагается, что могут быть созданы такие конвейеры с диаметром трубы 600 мм при ширине ленты до 2000 мм, скорости движения не более 10 м/с и теоретической производительности около 10 тыс. м<sup>3</sup>/ч. Разрабатываются ленты с бортами и перегородками. Так, в США на шахте «Элкларт» (штат Иллинойс) два вертикальных ствола диаметром 6 м и глубиной 100 м оборудованы конвейерами, оснащенными резинотросовыми лентами шириной 1600 мм, имеющими борта высотой до 400 мм и перегородки высотой 360 мм.

Для увеличения угла наклона конвейера вплоть до 90° фирма «Шольц» (ФРГ) использует ленту «флексвел» с бортами и перегородками. Конвейеры такого типа длиной 100 м

уже эксплуатируются. В 1989 г. велась разработка конвейера длиной 500 м. Фирмы «Континенталь» (ФРГ), «Джапан Пайр Конвейор» (Япония) и др. разработали шахтные конвейеры

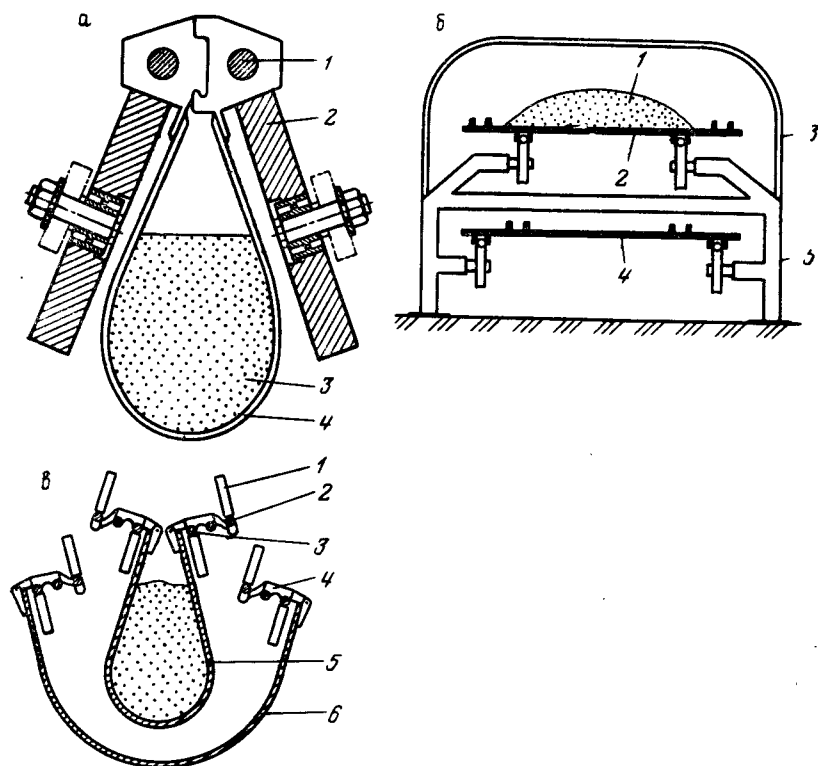


Рис. 12. Канатно-ленточные конвейеры трубчатого типа:  
 а — принципиальная схема конвейера «Телебанд»: 1 — канат; 2 — несущий ролик; 3 — транспортируемый материал; 4 — лента конвейера;  
 б — принципиальная схема конвейера «Омега»: 1 — канатный ролик; 2 — направляющий канат; 3 — тяговый канат; 4 — клеммное соединение; 5 — верхняя ветвь; 6 — нижняя ветвь;  
 в — принципиальная схема конвейера компании «Кэйбл белт лимитед» в развернутом виде: 1 — транспортируемый материал; 2 — верхняя ветвь; 3 — кожух; 4 — нижняя ветвь; 5 — несущая система с канатными роликами с лентой, свернутой в трубу. Такой конвейер может изгибаться в горизонтальной и вертикальной плоскостях и преодолевать уклоны до 30°.

Конвейерные линии были одним из первых объектов автоматизации в шахтах и разработаны еще в 50-х гг. Они представляли собой схемы дистанционного управления отдельными конвейерными линиями. Такие схемы широко применялись на шахтах Великобритании, ФРГ, Франции, Польши и других стран.

В настоящее время в таких странах, как Великобритания, ФРГ, Франция, США и Польша находятся в эксплуатации автоматизированные системы управления конвейерными линиями, вплоть до наиболее мощных и разветвленных, построенных на микропроцессорной технике. Автоматизированные системы управления конвейерными линиями обеспечивают оптимальное регулирование потоков угля, а также эффективное усреднение рядового угля.

По мере расширения функций систем увеличилось число видов защиты. Особое внимание обращалось на совершенствование аппаратуры диагностики. Поставлена задача возможно более раннего определения места и причин неисправности. Контролируется большое число самых разнообразных параметров (проскальзывание натяжения ленты, работа и износ тормозов, продольные разрывы, температуры в разных точках, просыпание материалов и др.).

В Австралии ведутся наблюдения с помощью прибора фирмы «Мастабар майнинг и квинмент» (Великобритания), непрерывно измеряющего толщину резиновых обкладок ленты и контролирующего состояние ее бортов. Разработаны приборы контроля состояния стыковых соединений ленты и определения заблокированных роликов по нагреву обкладки ленты. Так, разработанная в Польше система автоматизации конвейерных линий «Мисат» может включать до 81 конвейера с числом маршрутов до 9 при дальности транспортирования 12 км и максимальном числе конвейеров в маршруте 9. Контролируются 24 параметра каждого конвейера. От центрального блока может подаваться 16 команд управления.

Аналогичной по числу выполняемых функций является широко распространенная на шахтах Великобритании подсистема управления конвейерами (осуществляется с поверхности).

Системы контроля конвейерных линий на микропроцессорах, выпущенные в США, обеспечивают контроль до 150 конвейеров.

В ФРГ на шахте «Рейнланд» единая транспортная система обеспечивает суточную добычу 40—50 тыс. т рядового угля и включает 26 конвейеров длиной 18 км, два промежуточных бункера и 10 бункеров рядового угля. Для управления используются системы «Геаматик 2000» с подсистемами «Геатранс 21», подсистема «Логистат GO» и высокочастотная мультиплексная система FQM200 с 200 каналами. При этом местное управление и контроль осуществляются автономно на быстром уровне обработки данных, а централизованное управление — на более медленном (централизованное распределение потоков транспортируемого груза).

Система работает по принципу частотно-временного уплотнения и обеспечивает передачу 512 сообщений, 24 команд

установки заданных значений и 128 команд на включение и отключение. Система позволяет задавать следующие режимы: автоматизированный, частично автоматизированный, ремонтный и режим движения ленты с заниженной скоростью. Центральный пульт диспетчерского управления при полном оснащении рассчитан на 640 команд, 160 заданных значений и 2560 сообщений.

Таким образом, современные системы позволяют выбирать различные режимы и осуществлять управление от конвейера и с центра управления, расположенного под землей или на поверхности.

К 1990 г. подавляющее число разветвленных конвейерных линий оснащено АСУ на микропроцессорах, входящими как подсистемы в общие АСУТП угольных предприятий.

**Локомотивный транспорт.** Основными тенденциями развития локомотивного транспорта являются наращивание производительности откатки; значительное увеличение массы груза, перевозимого одним составом, расстояний транспортирования, скоростей, мощности локомотивов, вместимости вагонеток; совершенствование верхнего строения пути; повышение надежности системы транспортирования в целом, а также транспортных средств.

Основную часть парка составляют электровозы — до 60—80% в некоторых странах, а также дизелевозы. Значительна доля аккумуляторных электровозов. Ограниченно применяются кабельные и контактно-аккумуляторные локомотивы, а также с комбинированным дизель-электрическим приводом.

При контактной откатке питание производится от сети постоянного тока напряжением 250 В. С первой половины 80-х гг. переходят на более высокие напряжения (до 500—600 и 750 В). Мощность привода колеблется в широких пределах, от 15 до 150 кВт, средняя составляет порядка 50 кВт. В то же время с первой половины 80-х гг. выпускаются уже и мощные локомотивы. Так, фирма «Браун Бовери» (Швейцария) разработала контактный электровоз на напряжение 600 В мощностью 250 кВт, сцепной массой 34 т; в ФРГ созданы электровозы с приводом мощностью до 300 кВт, работающие от сети переменного тока напряжением 750 В. Следует ожидать дальнейшего роста мощностей. По преимуществу применяются кислотные батареи, обладающие большей удельной энергоемкостью, что позволяет при равных габаритах увеличивать мощность привода.

В Великобритании в 1987 г. прошел испытания аккумуляторный электровоз со сцепной массой 28 т. Управление осуществляется из обеих кабин электровоза. Применена электронная система управления с контролем неисправностей. В ФРГ выпущен локомотив с гидромеханическим приводом мощностью 132,5 кВт, сцепной массой 34 т (фирма «Рурталер»).

Масса локомотивосостава достигает 320—350 т, а на некоторых шахтах — 600 т.

Скорость локомотивной откатки в отдельных случаях достигла 20—25 км/ч. Рассматривается вопрос о практическом повышении скорости для перевозки людей до 40 км/ч.

Выпускаемые в настоящее время электровозы оснащаются тиристорной системой управления.

Особое внимание обращено на повышение сроков службы узлов, элементов машин и оборудования. Так, срок службы батарей аккумуляторных электровозов доведен до 5 лет, причем батареи допускают 1200 перезарядок.

Ведутся работы по совершенствованию конструкции электровозов. В Великобритании применяются аккумуляторные электровозы сцепной массой от 4 до 10 т с колесами, футерованными резиной. Для углов наклона свыше 9° используются локомотивы с зубчатым зацеплением. Электровозы сочлененной конструкции позволяют лучше вписываться в криволинейные участки пути, имеют лучшие условия работы машиниста. Оптимальной компоновкой признана конструкция с прицепной одноосной кабиной.

На электровозах применяются дисковые тормоза автомобильного типа, многодисковые тормоза с водяным охлаждением корпуса, системы автоматической подстройки колодочных тормозов, для которых используются медные вставки.

На дизельных локомотивах находят применение гидравлические муфты и гидростатический привод.

На подземном транспорте применяются весьма многообразные по типу и грузоподъемности вагонетки. Например, вагонеточный парк шахт ФРГ в первой половине 80-х гг. составлял около 125 тыс. единиц разнообразной конструкции, при этом свыше 3000 вагонеток использовалось для перевозки людей. Более 60% парка составляли вагонетки для перевозки грузов и более 35% — для перевозки оборудования и материалов.

Вместимость вагонеток составляет в основном 1,5—2,8 м<sup>3</sup> (в ФРГ — до 7,1 м<sup>3</sup>), в отдельных случаях в других европейских странах — до 10—12 м<sup>3</sup>, в США — 10—15 и даже 20 м<sup>3</sup>. Помимо вагонеток обычного типа, применяются вагонетки с боковой и донной разгрузкой, а также (более ограниченно) опрокидные. Одна из основных тенденций — наращивание вместимости вагонеток до 10 м<sup>3</sup>, расширение применения вагонеток с донной разгрузкой.

Значительную часть парка составляют специализированные вагонетки для транспорта материала (во Франции и ФРГ — около 40% парка).

На некоторых шахтах применяются схемы с использованием саморазгружающихся вагонеток. Вместимость вагонеток достигает 7,1 м<sup>3</sup>. Загрузка одного поезда длиной 100 м, вмещающего до 160 т угля при производительности погрузки до

4200 т/ч, продолжается около 2,5 мин, а для разгрузки при скорости движения в период разгрузки до 4 км/ч время составляет 1,5 мин. Таким образом, производительность по разгрузке составляет до 6 тыс. т/ч, что создает значительный резерв. Пять-шесть челноковых составов перевозят за сутки около 17 тыс. т рядового угля. На погрузочно-разгрузочных пунктах имеются бункера вместимостью до 300 м<sup>3</sup> для угля двух сортов. Данная схема впервые была применена на двухпутной сети протяженностью 12 км при челноковой схеме оборота поездов.

Ширина колеи колеблется в широких пределах. Так, в странах ЕЭС принято более 15 размеров — от 495 до 1000 мм, наиболее употребительны — 600 и 750 мм.

Непрерывный рост скорости движения и сцепной массы, повышение интенсивности движения, увеличение вместимости, а также массы вагонеток и подвижного состава — все это предъявляет особые повышенные требования к строению пути, которое по своим свойствам должно приближаться к строению пути железных дорог общего назначения, а также к специальному вспомогательному оборудованию, необходимому для ремонта и ухода за путями.

При этом исходят из того, что при годовой нагрузке на участок пути порядка 5 млн т и допустимом общем износе рельса 5 мм и удельном износе 1 мм на 25 млн т груза, срок службы рельсов должен составлять 25 лет.

Во Франции, Польше и ФРГ выпускается специальное оборудование для улучшения состояния и дренажа нижнего строения пути, путеизмерительные вагоны и путеремонтные поезда, средства механизации по уходу и ремонту транспортного оборудования. Так, в ФРГ выпущен путеизмерительный вагон EM20V, электронное оборудование которого позволяет производить замеры при скорости движения 20 км/ч. В эксплуатации находится машина КМХ12 для нивелировки, рихтовки, подбивки путей и кран-путеукладчик GK20. Существенное внимание уделяется совершенствованию рельсов, колесных пар, подшипников, рессор, сцепок, буферов и т. д. Колесные пары изготавливают из более качественного материала, в некоторых случаях с закалкой до 4 мм поверхностей качения. При этом особенно важно то, что сроки службы подшипников и колес одинаковы. Это позволяет при капитальном ремонте шахтных вагонеток примерно раз в 10 лет производить замену колес и подшипников одновременно. Ведутся работы по улучшению балластного слоя и повышению износоустойчивости рельсов. Особое внимание к состоянию пути позволило за сравнительно короткий период повысить скорость движения локомотивосоставов с 4 до 7 м/с, а в последние годы и до 10 м/с.

На отдельных шахтах стран ЕЭС переходят от профилей 30 кг/т на 42—49 кг/т и от деревянных шпал к бетонным.

Наряду с типовыми системами СЦБ распространение получили радиосвязь с машинистом электровоза с использованием прокладываемого вдоль выработки волновода, средства автоматизации отдельных операций и процессов, аппаратура автоматической блокировки и перевода стрелок, определения номера и направления движения поездов и т. п.

В ФРГ на одной из крупных шахт частично применена автоматизированная система централизации управления стрелочными переводами и сигнализацией, в которую входит двухколейная сеть протяженностью около 20 км с 63 стрелочными переводами и 25 маршрутами. Машинист локомотива запрашивает маршрут по радио. В случае возникновения непредвиденных ситуаций осуществляются регулировка нужного направления движения, блокировка и автоматическая отмена маршрута.

В Швеции, Испании, ФРГ предпринимаются шаги по автоматизации локомотивной откатки. На одной из шахт компании «Уноса» (Испания) действуют опытные автоматизированные участки длиной до 2—3 км. Наибольший опыт в этой области накоплен на шахте «Генерал Блюменталь» (ФРГ) при средней длине транспортирования около 20 км. При этом трудоемкость транспорта снизилась с 200 до 27 чел./смен, а эксплуатационные расходы составляют 45% затрат на транспортирование без автоматизации.

Применяются составы из 40 вагонеток с контактным электровозом мощностью 120 кВт, сцепной массой 20 т при максимальной скорости движения до 20 км/ч. При этом расчетная производительность одного состава равна 6500 т·км/ч. Использование 25 локомотивов обеспечивает весь объем транспортных работ, составляющий 25 тыс. т рядового угля при средней удаленности забоев от окрестного двора порядка 15 км. Опыт эксплуатации автоматизированной системы позволил полностью автоматизировать всю транспортную сеть шахты по главным откаточным выработкам.

Управление осуществляется УВМ, обеспечивающей сбор, обработку информации о ходе работ в очистных забоях, степени загрузки ленточных конвейеров, об уровне заполнения бункеров и др. Команды управления на электровозы подаются по волноводу, расположенному рядом с контактным проводом («стоп», «медленное движение», «полный ход»). В схеме предусмотрено получение диспетчером информации по запросам о состоянии путей, стрелочных переводов, реле блокировки скорости движения, нахождения составов и т. п.

На базе микропроцессоров и программируемых контроллеров фирмами США, ФРГ, Швеции выпускаются системы управления рельсовым транспортом.

Среди отдельных решений следует отметить опыт применения инфракрасного излучения для автоматического переключения стрелочного перевода в ФРГ на шахте «Консолида-



цион». Фирмой «Мукенхаупт» (ФРГ) создана на инфракрасном излучении аппаратура управления монорельсовой дорогой с переносного пульта управления, действующая на расстоянии до 10 м.

Находят также применение системы дистанционного управления локомотивной откатки. Так, фирмой «Сименс» выпускается система управления маневровыми аккумуляторными электровозами с тиристорным управлением. Система тиристорного управления создана также фирмой «АЕГ-Телефункен» (ФРГ) и фирмами Великобритании.

В Великобритании разработана система радиуправления спаренными электровозами при погрузке и выгрузке.

В США выпускается аппаратура, позволяющая управлять дизельными электровозами на расстоянии до 800 м.

Предпринимаются шаги в области автоматизации транспорта материалов. Так, для управления дизелевозами монорельсовых и напочвенных дорог разработана (и испытана на шахте «Министр Штайн») тонально-частотная система управления, которая внедряется и на других шахтах Рура.

В ФРГ, где особенно большая протяженность транспортирования, уже в первой половине 80-х гг. была разработана высокопроизводительная транспортная система со скоростью движения до 40 км/ч с использованием большегрузных составов общей вместимостью до 1000 т. Расчетная производительность такого состава должна составлять 52 тыс. т·км/ч. Только один состав сможет перевозить до 20 тыс. т рядового угля в сутки при расстояниях транспортирования около 8,5 км. В такой системе должны использоваться вагонетки общей массой до 40 т, вместимостью 28 м<sup>3</sup>, с корытообразным кузовом и 13 м<sup>3</sup>, если вагонетки объединяются в сочлененные сцепки, причем кузова двух вагонеток опираются на одну общую поворотную тележку. Для большегрузных составов используются по два контактно-аккумуляторных электровоза.

Ведутся работы по созданию принципиально новых транспортных систем. Фирма «Магнетбан» (ФРГ) разработала систему с линейными двигателями, испытания которой в подземных условиях были проведены на шахте «Рейнланд-Рейн-пройсен» в 1988 г. Дорогу предполагается использовать для перевозки людей (рис. 13).

Система «Магнетбан» рассчитана на движение по трассе с углом наклона до 16°. Предполагается использование данной системы в шахтах в самых различных условиях до глубины 1500 м. На базе данной системы, после определенного периода опытной эксплуатации, предполагается создание единой транспортной системы шахты, которая будет решать все задачи транспортирования вне зависимости от сечения выработок. Применительно к этой системе разработаны вагонетки для перевозки людей по 24 человека. Тяговое усилие составляет 4 т,

мощность двигателя 60—80 кВт при движении по горизонтальным выработкам и 90 кВт — по наклонным. Поезд состоит из 20 вагонеток и рассчитан на одновременную перевозку 480 человек.

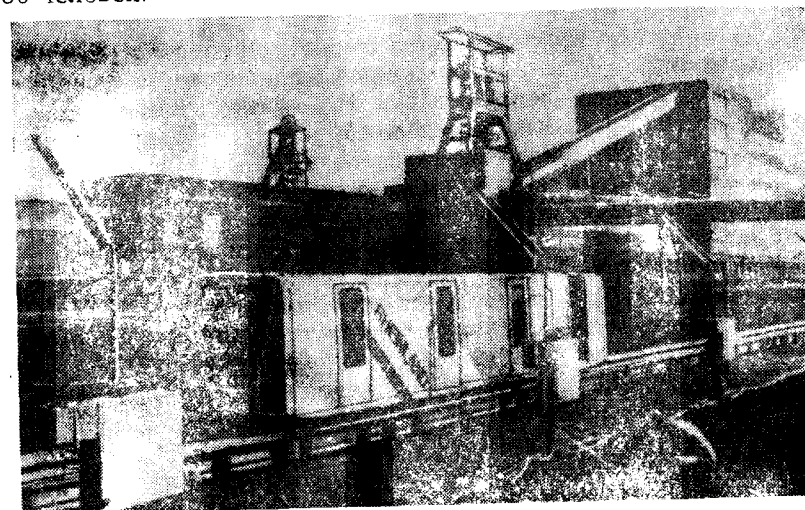


Рис. 13. Дорога на магнитной подушке с линейным двигателем во время испытаний на шахте «Рейнланд»

В дальнейшем локомотивный транспорт сохранит свое значение в связи с увеличением расстояний перевозки и необходимости раздельного транспортирования угля и породы, с одной стороны, и встречного транспорта материалов, с другой стороны.

**Спиральные спуски.** В тех случаях, когда требовался перепуск угля на нижележащие горизонты, в 80-х гг. использовались исключительно спиральные спуски. Так, к началу 80-х гг. на шахтах ФРГ их насчитывалось более 130 общей протяженностью до 17 тыс. м. Первоначально диаметр спусков составлял около 1050 мм, однако при этом образовывались пробки. Поэтому диаметр был увеличен до 1250—1650 мм. Внутренние поверхности, по которым перемещается уголь, футерованы износостойкими съемными плитами из плавленого базальта или легированных сталей. Пропускная способность спусков составляет в зависимости от конкретных условий 1000—2000 т/ч. Угол наклона спирали — около 22° и скорость движения примерно 1,5 м/с. Разность отметок обычно доходит до 200 м. При увеличении высоты применяется система ступенчатых спусков.

**Безрельсовый транспорт.** Резкое увеличение объема транспортируемых материалов и оборудования, систематический рост сечения выработок, что позволяет в одних и тех же выработках применять параллельную транспортную систему, помимо



перевозки угля и породы, привело к интенсивному развитию к середине 80-х гг. безрельсового транспорта на шахтах европейских стран. В США в течение длительного времени этот вид транспорта использовался при камерно-столбовой системе.

Опыт применения самоходных транспортных средств в угольных шахтах показал их высокую маневроспособность и эффективность, а также возможность использования для весьма разнообразных целей: доставки различных материалов, оборудования (как узлами, так и в собранном виде); перевозки людей; транспортирования и развертывания конвейерной ленты и кабелей; перевозки бетона; установки анкерной крепи и др. Так, на шахте «Шлегель унд Айзен» (ФРГ) щитовая крепь, состоящая из 180 секций, с массой каждой секции 15,6 т и общей массой 2800 т, была транспортирована безрельсовыми средствами к месту ремонта. Рядом фирм США, Швеции, Финляндии, ФРГ, Великобритании, Франции, Венгрии выпускаются погрузочно-доставочные средства, оборудованные средствами противопожарной защиты. Выпускаются самоходные транспортные машины с навесным оборудованием разного вида.

В зависимости от назначения грузоподъемность безрельсовых транспортных средств колеблется от 1 до 15 т и выше. Существует тенденция к созданию еще более мощных погрузочно-доставочных средств. Мощности привода составляют 25—265 кВт, технические скорости движения — 10—40 км/ч, преодолеваемые уклоны — до 30°.

В Великобритании в 1986 г. выпущена пневмоколесная машина грузоподъемностью 27 т для перевозки секций механизированной крепи массой 17 т.

Выпускаются пневмоколесные машины с прицепами и дизель-гидравлическим приводом для перевозки оборудования и материалов. Идет поиск новых технических решений. Так, в 1987 г. Горным бюро США и фирмой «Мийнинг машинери интернешнл» для самоходных вагонеток и других средств подземного транспорта разработан двигатель на водородном топливе мощностью 75 кВт.

Готовность данного вида транспорта составляет 90%, конвейеров — 80—85%. Следует отметить, что широкое применение данного вида транспорта, особенно при возрастании скоростей, требует повышения требований к устройству дорожного полотна. При этом в ряде случаев начинают использовать стальные плиты.

**Транспорт материалов.** Масса штучного груза может достигать 25 т, средняя масса оборудования одной лавы — 1700 т. На шахтах Великобритании в сутки доставляется более 10 тыс. т грузов, и только на транспортировании материалов занято в отрасли около 17 тыс. чел. Расходы на транспорт достигают 8—10% издержек производства. Хотя объемы доставки материа-

лов в шахту примерно в 20 раз меньше выдаваемой из шахты горной массы, трудоемкость доставки материалов приблизительно равна трудоемкости транспортирования горной массы, а доля стоимости доставки материалов составляет 60% общих затрат на транспорт. Поэтому хранению материалов и организации их доставки уделяется в настоящее время значительное внимание, поскольку решение данной проблемы способствует улучшению показателей работы шахты. Так, например, шахта «Фридрих Генрих» (ФРГ), занимавшая в 1982 г. 21-е место по производительности труда среди 24 действовавших шахт, к концу 80-х гг. вошла в число шахт с наиболее высокой производительностью труда, что в значительной степени объясняется рациональной организацией работ по хранению и транспортированию материалов.

При этом одним из важнейших мероприятий является создание централизованных складов на поверхности с разветвленной системой путей, большим числом ячеек, полной автоматизацией и электронным управлением процессов погрузки материалов, выбора их и формирования составов для направления в шахту. В настоящее время на шахте «Фридрих Генрих» площадь склада составляет 19 тыс. м<sup>2</sup>, имеется свыше 300 ячеек. В среднем отгружается 220 транспортных единиц в день. За рубежом широко применяются пакетирование и специальные подвесные устройства к подъемным сосудам для транспортирования негабаритных материалов. Значительная часть материалов поступает на шахты уже в пакетированном виде (лес, крепь, трубы, конвейерная лента). В США шахты получают обычно пакетированные материалы на поддонах.

По общешахтным горизонтальным выработкам материалы перевозят преимущественно рельсовым транспортом, в большинстве случаев по тем же рельсовым путям, по которым доставляют к стволам уголь и породу, перевозят людей. Новейшие системы рельсовой откатки при ширине колеи 1000 мм позволяют применять для перевозки материалов вагонетки и платформы большой грузоподъемности. В перспективе будет вводиться унифицированная ширина рельсовой колеи и соответственно реконструироваться рельсовые пути. Однако переход на унифицированную ширину колеи на действующих шахтах затруднен, так как повлечет за собой переоборудование рельсовых путей на поверхности и клетей в шахтном стволе. Поэтому радикального улучшения условий транспортирования материалов по рельсовым путям в главных выработках можно ожидать лишь при строительстве новых шахт.

Помимо конвейерного, локомотивного и безрельсового транспорта, наиболее широкое распространение в ряде стран получили напочвенные и монорельсовые дороги. Особенно широко применяются эти дороги в ФРГ, где протяженность их на отдельных шахтах составляет 60—70 км, а в целом по стране пре-

вышает 1700 км и общее число приближается к 2000 (рис. 14). Непрерывно совершенствуется оборудование этих дорог. Дороги выпускают как с канатным, так и с автономным дизельным

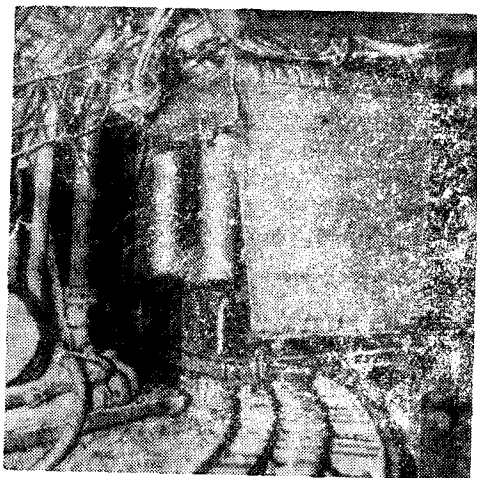


Рис. 14. Платформа напочвенной дороги для перевозки четырехстоечной щитовой крепи массой 18 т на шахте «Реден» (ФРГ)

или электрическим приводом (число которых к 1990 г. дошло до 400). Максимальная масса транспортируемого груза подвесных дорог достигает 12, напочвенных — 15 т, максимальный угол наклона — соответственно 30 и 45°, максимальная скорость движения — 2 и 4 м/с, мощность привода — 100 кВт, максимальная длина транспортирования — 4 и 6 км.

Существует тенденция расширения использования дорог с автономным приводом также в Великобритании, Франции, ЧСФР и ЮАР. Расширяется номенклатура грузов, транспортируемых этим видом транспорта.

Напочвенные дороги значительно производительнее монорельсовых. По ним перевозятся секции крепи без разборки массой до 25 т при скорости движения 4 м/с. Фирмой «Ной Монополь» (ФРГ) создана тележка с общей массой состава 35 т для напочвенной дороги с комбинированным фрикционным шестеренчатым приводом.

Однако напочвенные дороги также имеют существенные недостатки, например, необходимость прочного закрепления рельсового полотна анкерами к подошве выработки. Поэтому напочвенные дороги не только повреждаются при возможном пучении почвы, но и затрудняются работы по ее поддирке.

В современных схемах транспортирования материалов за рубежом предусматривается по возможности сквозной транспортный поток с минимальным числом мест перегрузки. Перегрузочные пункты стремятся делать стационарными.

Транспортируемые материалы, как правило, объединяют в

транспортные единицы, которые не разделяются при перемещении и перегрузке. Для этого используются контейнеры. Однако в последних нельзя перевозить любые материалы; кроме того, собственная масса существующего типа контейнеров сравнительно высока. Поэтому транспортные единицы комплектуют при помощи многочисленных других вспомогательных средств, которые соответствуют виду материала и транспортному устройству.

**Транспорт людей.** В последние годы за рубежом практически выделялась в качестве самостоятельной транспортной подсистема для перевозки людей, для чего используют локомотивный, конвейерный и безрельсовый транспорт, а также напочвенные, монорельсовые и кресельные дороги. Расстояния перевозки ежегодно возрастают на 2—3%.

Совершенствование системы перевозки людей локомотивным транспортом особенно интенсивно осуществляется в Великобритании, где для доставки грузов используются в основном конвейеры. Для перевозки людей в этой стране выпущены специальные локомотивы и вагонетки (в частности, аккумуляторный электровоз фирмы «Гиро майнинг транспорт»). На отдельных шахтах оборудуются скоростные трассы. Например, на шахтах «Гейдлинг» перевозка людей осуществляется по штреку длиной 3,5 км и площадью поперечного сечения 20 м². Пассажирский поезд, состоящий из шести вагонеток на 24 посадочных места каждая и двух контактных электровозов, расположенных в голове и хвосте, движется со скоростью не более 40 км/ч.

В то же время в Великобритании широко применяется перевозка людей на конвейерах. Число таких конвейерных систем возросло с середины 60-х гг. только до середины 80-х гг. более чем в 7 раз (при этом свыше 1/3 численности рабочих забоя работали на расстоянии более 5 км от ствола).

В ФРГ в конце 80-х гг. для этой цели использовались 740 конвейеров общей протяженностью 415 км (порядка 25% конвейерных линий). Причем в 80-х гг. их стало больше на 70%, чем в 70-е годы, а для перевозки на обеих ветвях конвейера — в 2,2 раза. Провозная способность конвейеров достигает 900 чел/ч.

Максимальная скорость конвейерной ленты для перевозки людей возросла с 2,0 до 2,7 м/с, а в отдельных случаях до 3,5 м/с. В Великобритании особо подчеркивается, что если бы не проводились программы по улучшению транспортирования людей, то за десятилетний период время готовности забойных машин уменьшилось бы на 23 мин в смену.

Перевозка людей на шахтах ФРГ осуществляется более чем на 10% подвесных и 45% напочвенных дорог. В ряде европейских стран и в США работают кресельные дороги со скоростью движения до 3 м/с, применяемые и на уклонах до 45°. Мощ-

ность привода составляет порядка 50—90 кВт, провозная способность 500—1000 чел./ч и более.

В США длительное время применялись для доставки людей самоходные транспортные средства. Во второй половине 80-х гг. этот вид транспорта внедряется на шахтах европейских стран. В 90-е гг. следует ожидать его дальнейшее распространение.

В связи с наличием различных транспортных средств на одной шахте (локомотивный, конвейерный, самоходный, напочвенные и монорельсовые дороги) в настоящее время в ряде стран (ФРГ, Великобритания, Польша, США) интенсивно ведутся работы по созданию единых автоматизированных систем управления транспортными потоками и объединения последних в целостную общешахтную систему, охватывающую все виды перемещаемых грузов от лавы до материальных складов на поверхности, а также перевозку людей.

### *Шахтный подъем*

Современный шахтный подъем представляет собой сложную единую систему, включающую собственно подъемную машину, электропривод, систему управления, подъемные сосуды, подвесные устройства, канаты, загрузочные устройства (в околоствольном дворе), разгрузочные устройства (на поверхности), оборудование ствола.

В связи с непрерывной углубкой шахт (на отдельных шахтах ФРГ высота подъема приближается к 1500 м), ростом объема выдаваемого угля и породы и особенно спускаемых материалов и оборудования повышаются требования к производительности подъема и, что особенно важно, — к надежности, бесперебойности и безотказности, максимальному сокращению времени на профилактический осмотр и ремонт, смену и регулировку канатов. На решении указанных задач сосредоточены усилия конструкторов-изготовителей механизмов и оборудования подъема и эксплуатационников за рубежом. При этом если раньше в ряде случаев в одной подъемной установке совмещались различные функции, то в 80-е гг. на наиболее мощных подъемных установках выявилась тенденция возможной специализации подъемов, т. е. разделения их на чисто грузовые, людские и вспомогательные.

Значительное увеличение производительности подъема может быть достигнуто путем повышения скорости подъема, увеличения полезного груза, уменьшения пауз между циклами подъема и соответственно времени перестановки подъемного сосуда. Теоретически имеющиеся возможности сокращения периодов ускорения и замедления могут быть исключены с самого начала, так как их влияние исчезающе мало.

Расчеты показывают, что при нормальной глубине от 800 до 1000 м повышение скорости более 20 м/с не дает скольконибудь значительного эффекта. В то же время еще не достигнуты пределы роста полезного груза. Дополнительные возможности представляет увеличение последнего за счет уменьшения массы мертвого груза.

Существенное воздействие на производительность подъема оказывают паузы между циклами подъема и время перестановки подъемного сосуда. Это и определяет направления поиска совершенствования шахтного подъема.

**Подъемные машины.** В большинстве стран на мощных установках при глубине подъема от 500 до 1500 м почти во всех случаях применяются шахтные подъемные машины со шкивами трения. Повсеместное распространение получил многоканатный подъем, при этом число подъемных канатов может составлять от двух до десяти.

При очень большой глубине ствола и одноковшовом подъеме, когда в стволе нет места для размещения противовеса, несмотря на более высокую стоимость, используются барабанные подъемные машины с одним или двумя подъемными канатами (например, одноконцевая подъемная установка в северном стволе шахты «Иббенбюрен», ФРГ, для глубины подъема 1500 м). Барабанные шахтные подъемные машины применяются в основном до глубины 500 м. В эксплуатации находятся также бобинные машины.

На протяжении нескольких десятилетий преобладала тенденция установки машин на башенных копрах. В 70—80-е гг. в ряде европейских стран многоканатные шахтные подъемные машины начинают устанавливаться на нулевой отметке, что позволяет сократить время на реконструкцию и новое строительство. Преимуществом их является высокая экономичность, а также то, что их фундаменты не располагаются в непосредственной близости у ствола. Колебания канатов между шкивом при этом надежно исключаются путем устройства стабилизирующих роликов. В случае ограниченного рабочего пространства, а также если можно обойтись без отклоняющих шкивов при значительном расстоянии между ветвями каната, предпочтение отдают башенным подъемным установкам.

В связи с многообразием задач ранее преобладал клетевой подъем. Концентрация добычи угля на крупных шахтах, где вся выдача угля производится только по одному из главных стволов, а спуск-подъем людей и доставка материалов — по фланговым вспомогательным стволам, привела к разделению функций подъемных установок. Если предусматриваются специальные стволы для выдачи породы или спуска закладочного материала, то они также оборудуются скипами, причем наиболее приемлемыми для этой цели являются скипы с отклоняющимся кузовом. В то же время фланговые стволы для спуска-подъема

людей и материалов оснащаются клетевыми подъемными установками, нередко с клетями большого размера, приспособленными для размещения в них громоздких предметов.

Как правило, шахтные подъемные машины выпускаются по индивидуальным заказам, что предопределяет различие параметров. Так, скорость движения изменяется от 4 (у малых машин, при незначительных глубинах, в слепых стволах) до 18—20 м/с. Диаметр барабана барабанных машин колеблется от 1,2 до 6,0 м и более, диаметры многоканатных шкивов — от 1,8 до 8,0 м.

В ЮАР, где высота подъема (на алмазных шахтах) может достигать 2—3 тыс. м, а в начале 90-х гг. встал вопрос о подъеме с глубины 5 тыс. м, находит применение система Блестера. Навивка канатов здесь осуществляется в несколько слоев. Каждый сосуд подвешен на двух канатах, навиваемых либо на различные барабаны, либо на часть барабана, отделенную от другой ребордой. В конце 80-х гг. предложена идея принципиально новой для шахт системы подъема, при которой подъем будет осуществляться как бы непрерывно в специальных подъемных сосудах и контейнерах (рис. 15).

**Тормозные устройства.** В течение многих лет требования к техническому усовершенствованию подъемных установок касались прежде всего повышения производительности шахтного подъема. В настоящее время эта задача решена. В связи с дифференцированным использованием различных шахтных подъемных машин на передний план выдвигается задача обеспечения их максимальной безопасности и эксплуатационной надежности при минимальных затратах на техническое обслуживание. В этой связи особое значение придается дальнейшему техническому совершенствованию средств техники безопасности, в первую очередь, тормозных устройств.

Наряду с дальнейшим совершенствованием шкивов трения многоканатной установки, важнейшим изменением в механической части явилось внедрение в 1959 г. дисковых тормозов. За последние 20 лет колодочные тормоза с рычажной передачей тормозных усилий почти повсеместно вытеснены гидравлическими дисковыми. При этом требования в отношении притормаживания хода подъемной машины в нормальных условиях эксплуатации почти полностью отступают на второй план, поскольку замедление подъемной системы обеспечивается соответствующей системой управления. Тормоз используется только для удержания груза при остановке машины. При наличии неисправностей в системе управления или временном прекращении подачи электропитания тормозное устройство выполняет особую функцию аварийного тормоза.

Применяемые до сих пор системы управления почти всех предохранительных тормозов работают с заданным тормозным усилием, достаточным для любых эксплуатационных условий.

Тормозные устройства с постоянным усилием аварийного торможения успешно используются, в частности, в подъемных установках со шкивами трения с полным уравниванием подъемных канатов.

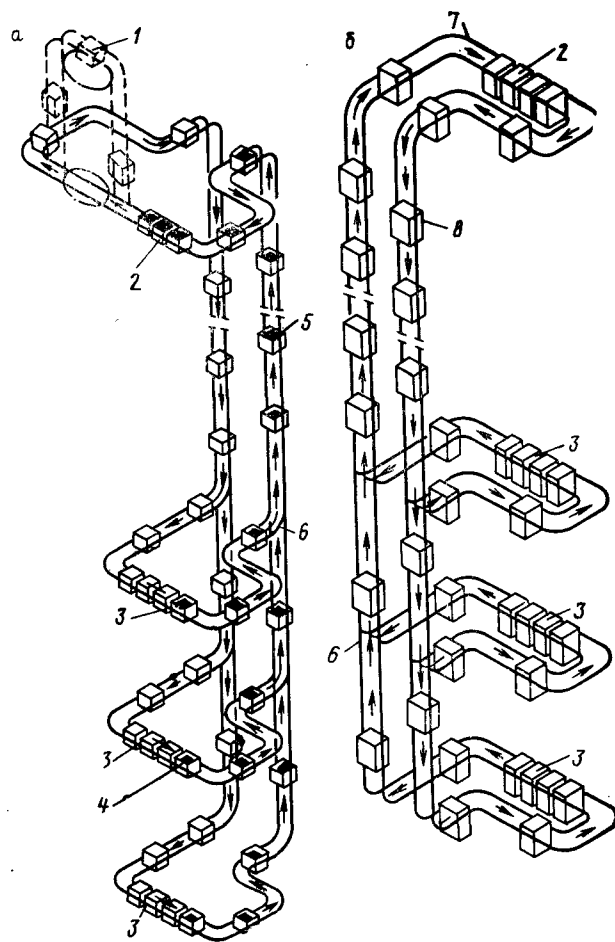


Рис. 15. Принципиальная схема непрерывного шахтного подъема в специальных транспортно-подъемных сосудах:

а — подъем породы; б — людской подъем, транспорт материалов; 1 — разгрузка породы; 2 — верхние приемные площадки; 3 — приемные площадки горизонтов; 4 — погрузка контейнеров с породой; 5 — подъемно-транспортный сосуд с контейнерами для породы; 6 — пункты прицепки транспортно-подъемных сосудов для подъема; 7 — посадка и высадка людей, погрузка и разгрузка материалов; 8 — клеть для перевозки людей или сосуда для доставки материалов

На шахтных подъемных машинах без уравнивающих канатов с барабанными или бобинными подъемными машинами при большой глубине подъема и, следовательно, значительной собственной массе каната разница между минимальным и максимальным замедлением может оказаться недопустимо большой. В связи с этим были разработаны системы управления тормозными устройствами, обеспечивающие постоянное замедление торможения при любых условиях эксплуатации за счет саморегулирования при изменениях силы трения и износе тормозных накладок. Для этого используется несколько блоков системы регулирования с дополнительным аккумуляторным питанием. При выходе из строя одной из систем усилия притормаживания остаются в заданных пределах и обеспечивается надежная остановка подъемной машины.

Регулируемые тормоза с постоянным замедлением обладают существенными преимуществами также при использовании на установках со шкивами трения и полным уравниванием массы головных канатов, в частности, на подземных установках, рассчитанных на большой полезный груз, а также небольшую и среднюю глубину подъема.

Благодаря отказу в подобной системе от балластного груза используются подъемные канаты меньшего диаметра, что значительно повышает экономичность подъема. В 1990 г. такими регулируемые предохранительными тормозами фирмы «Гутехоффнунгсхютте» (ФРГ) было оснащено 6 подъемных машин (по две машины со шкивом трения, барабанного и бобинного типов).

**Привод шахтных подъемных машин.** Из-за сложности и дорогостоящих замены действующих подъемных машин, а в ряде случаев из-за невозможности ее осуществить, не прекращая работы шахты, в настоящее время в эксплуатации находятся самые разнообразные подъемные машины и их приводы. Достаточно сказать, что в 70-е гг. на ряде старых шахт еще находились в эксплуатации паровые двигатели.

Поскольку наиболее мощные подъемные установки действуют на шахтах ФРГ и немецкие фирмы занимают лидирующее место в мире по созданию новой техники подъема, далее эволюция подъемных машин будет показана в основном на примере шахт ФРГ.

В течение длительного времени на мощных подъемных установках преобладал привод постоянного тока системы Г—Д (привод Леонарда). Первоначально ударные нагрузки могли устойчиво выдерживать машины с большой инерционной массой (привод Ильгнера — Леонарда с тяжелым маховиком). На смену им пришел привод системы УРВ—Д с управляемыми ртутными выпрямителями. С 1965 г. их начали вытеснять при реконструкции и пуске новых мощных установок системы ТП—Д с тиристорами. Привод переменного тока в условиях, когда не-

обходимо осуществлять его регулирование, на мощных подъемах до второй половины 70-х гг. практически не применялся. Полупроводниковая техника позволяла обеспечивать работу синхронного электродвигателя в режиме двигателя постоянного тока. При этом использовался синхронный двигатель с частотным регулированием, питаемый от статического преобразователя частоты. Задачи создания электродвигателя с частотным регулированием для шахтных машин была поставлена еще в 50-х гг. Однако эксплуатационно надежные и рентабельные решения были найдены только во второй половине 70-х гг.

С 1981 г. на шахте «Монополь» (ФРГ) работает в подобном исполнении одна машина для подъема людей и материалов и две машины для подъема грузов. Двигатели мощностью 2200 кВт и соответственно 2×4300 кВт расположены на консолях и непосредственно соединены с валом шкива трения. В 80-е гг. таким приводом было оборудовано еще несколько подъемов в ФРГ, США и других странах.

Синхронный двигатель является надежной несложной машиной и может быть выпущен практически для любой нагрузки. Отсутствие коллектора, требующего интенсивного ухода, являющегося источником повреждений, дает дополнительное преимущество — возможность получить большой вращающийся момент при небольшом, вплоть до остановки, числе оборотов. Большие моменты имеют исключительное значение при переподъеме в случае замены канатов. При этом достигается экономия по дорогостоящим механическим устройствам.

В процессе эксплуатации выявились и некоторые недостатки этих машин. В связи со значительной массой необходимо было больше внимания уделять жесткости конструкции подъемной машины. Статор синхронного двигателя нагревается больше, чем у двигателя постоянного тока, возникают значительные тепловые напряжения. Кроме того, синхронный двигатель имеет большее магнитное тяжение, поэтому подъемная машина оказывается более чувствительна к смещению подшипников.

В поисках новых решений совершенствовались конструкция электродвигателей подъемной машины и их связи с самой машиной. При этом появилась тенденция объединения электродвигателя в единый агрегат. Первым новым направлением в данной области является консольное исполнение электродвигателя на главном валу шахтной подъемной машины. Дальнейшим весьма перспективным решением, представляющим буквально революцию в области шахтного подъема, явилось создание электродвигателя, органично встроенного в шкив трения (барабан подъемной машины) фирмами «Гутехоффнунгсхютте» и «Сименс» и введенного в эксплуатацию на стволе «Ромберг» шахты «Хаус Аден» в 1988 г. (рис. 16).

Эта идея не могла быть реализована ранее, поскольку применялись исключительно двигатели постоянного тока. Не пред-

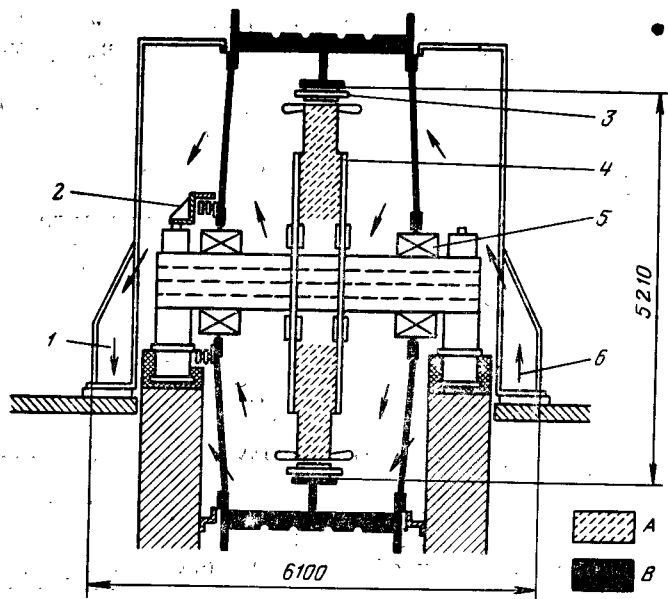


Рис. 16. Схема подъемной машины со встроенным синхронным электродвигателем:

1 — отводимый воздух; 2 — контактные кольца; 3 — полюс; 4 — статор электродвигателя; 5 — подшипник качения; 6 — подаваемый воздух; А — неподвижные узлы машины; В — вращающиеся узлы машины

ставлялось возможным выполнить коллектор, расположенный внутри и имеющий диаметр шкива трения. Применение синхронного двигателя позволило решить эту задачу. Во встроенном двигателе неподвижный статор с обмоткой переменного тока располагается внутри, а ротор с полюсами и возбуждением постоянным током снаружи. Конструктивно это выполнено следующим образом. На полой оси, прочно зафиксированной на опорах, закреплен пакет железа статора. Через полюю ось проходит силовой кабель. С внешней стороны обмоток статора располагается вращающийся шкив трения. Последний покрыт обычной футеровкой, а также оснащен тормозными дисками, с внутренней стороны на нем закреплены полюса.

Новое конструктивное решение обеспечивает экономию пространства, уменьшаются строительные объемы зданий шахтной подъемной машины или надшахтного башенного копра, достигается экономия при сооружении фундамента машины, так как обусловленное конструкцией симметричное снятие возникающих усилий обеспечивает высокую устойчивость. Кроме того, подъемная машина не воспринимает усадку фундамента; силы смещения, возникающие при нагреве двигателя, не оказывают воздействия на фундамент.

В течение ряда лет шахтные подъемные машины выпускаются с автоматизированными системами управления. Мощные скиповые подъемы в большинстве случаев во всех странах автоматизированы. На клетевом подъеме степень автоматизации более ограничена. Управление людским подъемом осуществляется как вручную, так и дистанционно.

На рис. 17 приведена принципиальная схема цифровой системы управления, примененная на подъемной установке с

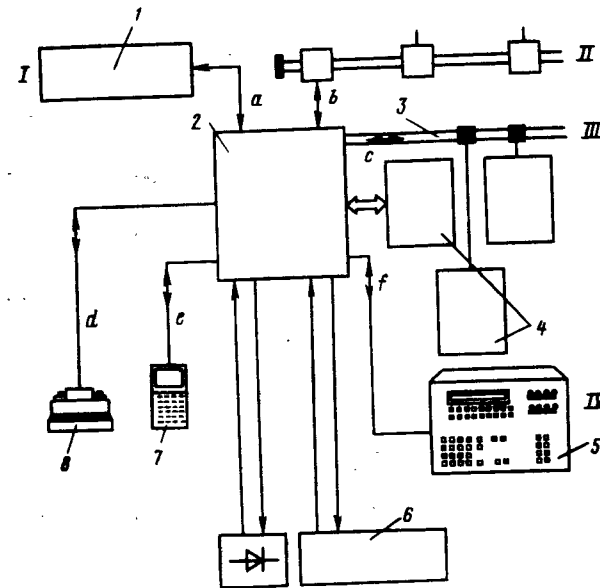


Рис. 17. Схема цифровой системы управления:

1 — пункт диагностики неисправностей в системе программируемого управления; 2 — цифровая система регулирования; 3 — канал для передачи информации связи 100 Кбит/с; 4 — дополнительные сигналы регулирования; 5 — пульт управления; 6 — двоичные сигналы (аналоговые величины «ввод-вывод»); 7 — устройство программирования; 8 — печатающее устройство; I — соединение с вычислительной машиной; II — выбор; соединение с другими системами через интерфейсы а и б; III — выбор; подключение к приводу через интерфейс с; IV — соединение с периферийными устройствами через интерфейсы d, e и f

встроенным синхронным электродвигателем на шахте «Хаус Аден». Здесь применяются также лифтовые схемы (с управлением из клетки).

Существует тенденция (ставшая преобладающей во второй половине 80-х гг.) создания единых комплексных систем регулирования, включающих и функции стволовой сигнализации, контроля защиты и диагностики, построенных на микропроцес-



сорной технике с использованием принципа свободного программирования разного типа бесконтактных датчиков. В последние годы на шахтах Великобритании испытывались системы, основанные на отборе информации от магнитных меток, наносимых на канат. Последние существенно расширяют возможности получения информации в процессе подъема (точное положение сосуда в стволе, набегание и проскальзывание каната и др.).

Подобные системы, предложенные в конце 80-х гг. фирмами «Гутехоффнунгсхютте» (ФРГ) и АСЕА (Швеция), выполняют функции безопасности, например, управление регулятором пути, цепями безопасности, блокировки, рабочего торможения, контроля и информации о неисправностях. Техническое обеспечение систем регулирования базируется на мультимикропроцессорной схеме с избыточным резервированием. Эффективная связь человек-машина и система диагностики обеспечивает наглядность наблюдения за установкой и работой системы, упрощает поиск неисправностей. Подобная система впервые применена на шахтах ЮАР на двухбарабанной подъемной машине с полезным грузом 16,8 т при глубине ствола 2054 м.

Комплекс устройств защиты и блокировки САУ ряда фирм-изготовителей (АСЕА, Гутехоффнунгсхютте) включает регулируемое предохранительное торможение.

Современные системы стволовой связи и сигнализации также построены на микроэлектронике. Так, сигнализационная установка 2000 фирмы «Функе унд хустер», выпущенная в 1984 г., имеет центральное управляющее устройство с программируемой памятью, расположенное на поверхности и связанное с программами управления (на микропроцессорах), расположенными на приемных площадках.

Микроэлектронная аппаратура, применяемая в новых системах управления и сигнализации, обладает весьма значительной емкостью и быстродействием. Так, в 1989 г. для систем стволовой сигнализации фирмой «Сименс» выпущено запоминающее устройство для 24 цифровых и двух аналоговых сигналов с печатным устройством. ЗУ установлено на шахте «Августа Виктория». Оно позволяет записывать до 112 тыс. изменений состояний. Минимальное время опроса составляет 10 мс.

Особое внимание во второй половине 80-х гг. обращено на обеспечение надежной диагностики. Фирмой «Сименс» для первого встроенного электродвигателя на шахте «Монополь» была разработана многофункциональная система регулирования, включающая подсистему обнаружения неисправностей. Системы управления, становящиеся все более сложными, затрудняют оператору быстрое нахождение неисправностей в случае повреждений. В системе обнаружения неисправностей осуществляется непрерывное сравнение заданных программируемых и фактических величин. При отклонениях обслуживающий персонал получает детальную информацию о неисправностях с

указанием отключенного оборудования, характера повреждения, его местонахождения в установке.

**Подъемные сосуды и устройства.** На шахтном подъеме традиционно применяются различные типы подъемных сосудов: скипы, клетки для выдачи породы, сортировки угля, перевозки людей и материалов, скипо-клетки, баббы при проходке. Предельный подъемный груз при одноканатной подъемной установке возрос к началу 80-х гг. (при глубине подъема до 1000 т) до 23 т, тогда как за 20 лет до этого составлял 12—14 т. У многоканатных шахтных подъемных машин практически нет ограничений по величине полезного груза. Установка со скипами грузоподъемностью 40 т при многоканатном подъеме обеспечивает производительность более 1200 т/ч. Максимальная грузоподъемность скипа составляет 42 т.

Наибольший полезный груз клетевых подъемных установок достиг 46 т при глубине 600 м (ствол VI на шахте «София Якоба», ФРГ) при наиболее мощном приводе 12×5800 кВт.

В то же время в Великобритании правила безопасности допускали применение скипов грузоподъемностью до 22 т, а клеток — грузоподъемностью до 20 т или для перевозки не более 150 чел.

Подъемные сосуды выпускаются по индивидуальным заказам, и поэтому типоразмеры их не унифицированы.

На шахтах с высокой среднесуточной нагрузкой в ФРГ применяются клетки, имеющие 6 этажей. Срок службы подъемных сосудов составляет 12 лет и более, что достигается за счет применения низколегированных сталей и (для скипов) износостойкой футеровки. На особо глубоких подъемах (алмазные шахты ЮАР) применяются скипы грузоподъемностью до 8 т и клетки из алюминиевых сплавов.

Важным элементом конструкции скипа, оказывающим существенное влияние на время разгрузки, является тип скипового затвора. В основном применяются три типа затвора: ригельный с направляющими для блокировки и деблокировки, вертикальный шиберный, круговой шиберный, который связан с наклонным днищем.

Ригельный затвор максимально сокращает время разгрузки, так как в момент остановки подъемного сосуда затвор оказывается уже открытым. Затвор в открытом состоянии выходит за габариты скипа, благодаря чему пространство между транспортным сосудом и разгрузочным устройством оказывается открытым. Однако именно это преимущество при отказе блокирующего устройства становится недостатком. Если затвор открывается не вовремя, например, в период подъема, то поднимаемый груз просыпется в зумпф, при этом могут быть серьезно повреждены ствол и хвостовой канат. Недостатки ригельного затвора, особенно на главных подъемных установках, привели в течение последних лет к созданию других запорных



механизмов, которые не могут открыться под давлением транспортируемого материала и при которых элементы затвора не выходят за габариты скипа.

Наиболее положительно зарекомендовал себя круговой шиберный затвор, который, как и вертикальный шиберный затвор, открывается снаружи с помощью поворотной рукоятки шиберной системы и соответственно в обратном порядке закрывается.

Для открывания и закрывания затворов скипов используются направляющие или приводы (преимущественно пневматические или смонтированные в местах разгрузки либо устанавливаемые непосредственно на скипе).

Несущие элементы скипов имеют высокоточные болтовые соединения. В ряде стран (например, в Великобритании) клетки делают сварными, что более перспективно. Широкое применение в качестве резерва для перевозки людей (до 20 человек), в первую очередь, на шахтах с большой среднесуточной добычей получили скипо-клетки с одним-тремя этажами. Во Франции на одной из шахт находится в работе скипо-клеть грузоподъемностью 30 т, на которой можно (в двух этажах) осуществлять перевозку до 50 человек. Клетки располагаются как под скипом, так и над ним. В ряде случаев они делаются убирающимися. Выпускаются конструкции со съемными подъемными сосудами в виде рамы, в которую заводится клеть или скип. Подобные конструкции распространены на сверхглубоких шахтах ЮАР. Необходимость спуска в шахту, а также по слепым стволам грузов различного характера (в частности, длинномерных материалов, оборудования в неразобранном виде или крупными модулями и узлами) привела к созданию различного рода устройств (рам, захватов и т. п.), на которых крепится спускаемый груз, а также к изменению конструкции подъемных сосудов.

Если раньше трубы или рельсы для спуска по стволу приходилось связывать по несколько штук и подвешивать под клетью или устанавливать на крыше клетки, то теперь длинномерные материалы помещают в специальный отсек клетки или в полость противовеса. Загрузка клетки или противовеса связками длинномерных материалов и их выгрузка механизированы.

Прежде транспортирование материалов по стволам часто осложнялось необходимостью спуска-подъема людей, особенно во время рабочей смены. Поэтому современные стволы оборудуют так называемой вспомогательной подъемной установкой, которая позволяет осуществлять спуск или подъем людей, не препятствуя работе основного подъема. Правда, преимущества современной транспортной техники не всегда можно использовать полностью. В связи с этим в 80-е гг. для мощных установок для подъема с больших глубин созданы и используются для доставки в шахту громоздких грузов большие клетки. Это позволяет транспортировать по стволам частично смонтированные

или неразобранные громоздкие единицы оборудования массой до 25 т в виде одной транспортной единицы. В некоторых стволах площадь пола клетки можно увеличить, только отказавшись от второй клетки, которую заменяют противовесом.

Подъемная установка с большой клетью знаменует собой новое направление в модернизации угольных шахт. Такая клеть смонтирована, например, на шахте «Эвальд Фортзетцунг» на новой подъемной установке ствола «Ан дер Хаард I» (ФРГ).

Подъемная установка с клетью большого размера в сочетании с пневмоколесными доставочными машинами позволяет предложить и новую технологию транспортирования материалов. Она основана на применении платформ на пневматическом ходу, которые доставляют материалы от складов на поверхности до околоствольного двора в шахте. Платформы имеют длину 4,2—6,2 м и ширину до 2,1 м. На них можно разместить до четырех транспортных единиц в виде контейнеров или пакетов материалов, а также машины массой до 17 т. На поверхности платформы загружаются с помощью автопогрузчиков с вильчатым захватом, гидравлических экскаваторов или драглайнов. В околоствольном дворе материалы в виде транспортных единиц перегружаются с платформы краном, рассчитанным на усилие подъема 20 кН, на рельсовые транспортные средства или принимаются самоходными пневмоколесными транспортными машинами грузоподъемностью 8—14 т и доставляются к месту использования.

Отличительной особенностью новых клеток большого размера является то, что в случае необходимости их можно заменять без демонтажа как одно целое. Используя отводимые в стороны гидравлическим механизмом полки, это можно сделать за несколько минут, экономя целую смену с тремя работниками.

В настоящее время применяются следующие типы подвесных устройств для многоканатных подъемных установок:

подвесные устройства для отдельных канатов, которые прикрепляются непосредственно к подъемному сосуду;

подвесные устройства для отдельных канатов, прикрепляющиеся к одному подъемному сосуду жестко, а к другому — с помощью коленчатого рычага (или оба подъемных сосуда имеют коленчатые рычаги);

подвесные устройства для отдельных канатов, прикрепляющиеся к одному или нескольким коленчатым рычагам.

В системах с коленчатыми рычагами, с благоприятными условиями в отношении истирания, выравнивание усилий в канате производится автоматически. При подвеске каната без коленчатых рычагов различие усилий в канате измеряется механическими или электрическими приборами и выравнивается гидравлическим регулировочно-перестановочным устройством.

При замедленном спуске грузов, укорачивании, навеске и смене головных канатов хорошие результаты показало гидравлическое зажимное устройство с гидравлическим подъемным механизмом, впервые примененное также на стволе «Ан дер Хаард I». Зажимное устройство имеет по 10 канатных зажимов на каждой из двух ветвей головных канатов. Рамы с канатными зажимами расположены на подъемном механизме. В то время как, например, гидравлическими зажимами захвачены все 10 канатов со стороны клетки, зажимы со стороны противовеса остаются открытыми, так что при приподнимании рам с канатными зажимами на 600 мм головные канаты противовеса свободно проходят через зажимы. Эти зажимы запираются лишь после завершения полуцикла работы гидравлического подъемного устройства, а зажимы со стороны канатов клетки соответственно открываются. При последовательном выполнении любого числа полных циклов работы подъемно-зажимного устройства в течение 6 ч можно, в частности, выбрать слабины, достаточную для заводки канатов во фрикционную лебедку, и поднять освобожденную от хвостовых канатов клетку на верхнюю приемную площадку.

**Устройства для подъема канатов.** На многоканатных подъемных установках с увеличением числа канатов возрастают затраты труда, связанные с их заменой, а также с укорачиванием для компенсации остаточных удлинений. Раньше разгрузку одной из ветвей подъемных канатов производили с помощью подъемной машины, причем для фрикционного сцепления канатов со шкивом трения использовались специальные зажимы. Мощность привода подъемной машины нередко определяли по высокому вращающему моменту, необходимому для одностороннего приподнимания одной из ветвей подъемных канатов. Значительные дополнительные затраты были связаны также с установкой и многократной перестановкой канатных зажимов на шкиве трения. Объемы таких затрат с увеличением числа канатов соответственно возрастали.

Чтобы избавиться от этих негативных факторов, в последние годы были разработаны различные подъемно-зажимные устройства с гидравлическими цилиндрами, с помощью которых полная масса ветви канатов может быть приподнята вместе с подъемным сосудом без помощи подъемной машины.

Подъемно-зажимное устройство такого типа состоит из вертикальной неподвижной рамы с гидравлическими канатными зажимами и второй такой же рамы, установленной над гидроцилиндрами, при помощи которых она может подниматься и опускаться. Затяжка и освобождение канатных зажимов осуществляются также с помощью гидроцилиндров, что дает возможность управлять рабочими операциями с центрального пульта. Последовательным подтягиванием канатов в течение короткого времени можно извлечь из ствола разгруженные

канаты на любую длину, достаточную для протягивания в зажимные коуши или заправки во фрикционную лебедку.

Подъемным устройством нового типа впервые оборудована подъемная установка ствола «Хюнисе» компании «БАГ Нидеррейн», предназначенного для проветривания и спуска-подъема людей.

**Загрузочные устройства.** На скиповых подъемных установках основным типом загрузочного устройства являлся скип-дозатор (или мерный бункер). Затвор последнего при подходе скипа под загрузку открывается механическим способом или с применением автоматики.

Начиная в основном с 70-х гг. для большегрузных скипов многоканатного подъема используются также конвейеры-дозаторы. Последние представляют собою пластинчатые конвейеры с гидро- или электроприводом (двухскоростным). При движении скипа вниз конвейер равномерно с малой скоростью загружается углем из бункера-накопителя, одновременно взвешивается и дозируется. При достижении необходимой массы подача угля прекращается. При постановке скипа под загрузку конвейер начинает двигаться с повышенной скоростью и загружает уголь в скип.

Загрузочные устройства клетового подъема, входящие в оборудование околоствольного двора, имеют весьма разнообразное конструктивное исполнение. В последних конструкциях в качестве приводов толкателей для загрузки вагонеток в клетку начинают внедрять пневматические цилиндры, которые пригодны также для качающихся площадок, ствольных дверей, дозирующих стопоров. Преимуществами их являются работа без обслуживания, рациональное использование пространства, простота установки, малая собственная масса, неподверженность коррозии и износу.

Выпускаются также тормозные устройства для клетей, предназначенные для восприятия динамических усилий при переподъеме, электрогидравлические линейные и поворотные приводы для затворов бункеров и стопорных механизмов.

**Оборудование стволов.** В течение десятилетий на шахтном подъеме использовались деревянные проводники из особо крепких сортов дерева, которые еще сохранились в старых шахтах. В настоящее время повсеместно используются металлические расстрелы и проводники, оцинкованные для защиты от коррозии. Проводники устанавливались повсюду на расстрелах, однако необходимость предельно использовать сечение ствола и уменьшить сопротивление воздушной струе в связи с увеличением объема подаваемого в шахту воздуха с возрастанием протяженности горных выработок вызвала переход к креплению проводников на консолях.

Ограниченное применение находят канатные проводники, так как при обслуживании нескольких горизонтов усложняются

операции загрузки-разгрузки. Помимо того, канатные проводники требуют увеличения зазора между подъемными сосудами и стенками ствола. При этом уменьшается полезно используемое сечение ствола. Сложных конструктивных решений требует заход за конечные приемные площадки. Возникают также высокие требования к геометрии ствола. Поэтому канатные проводники применяются в особых случаях, поскольку, наряду с указанными недостатками, имеют и определенные преимущества: обеспечивают плавность подъема и обладают незначительным аэродинамическим сопротивлением.

Направляющие на подъемных сосудах, выполнявшиеся в виде башмаков, заменены в подавляющем большинстве случаев направляющими роликами. Направляющие башмаки находят применение при аварийном торможении при переподъемах. Наиболее оптимальной конструкцией являются подпружиненные ролики, обеспечивающие снижение вибрации и тем самым способствующие увеличению срока службы всей подъемной системы.

Наличие существенных, как положительных, так и отрицательных, свойств канатных проводников привело к тому, что, например, в ФРГ при большей глубине подъема, подъеме с нескольких горизонтов, на подъемах особо высокой производительности они не получили распространения. В Великобритании большинство клетевых подъемов (до 70%) были оборудованы канатными проводниками.

**Подъемные установки для больших глубин.** По возможности шахтные стволы, предназначенные для доставки материалов, глубиной более 1000 м оборудуются установками с подъемными машинами, расположенными на уровне нулевой площадки. Если такое размещение подъемной машины невозможно, то при проектировании подъема выбирается как можно больший диаметр шкива трения. Благодаря этому сокращается число оборотов приводного шкива на один цикл работы многоканатных подъемов. Существует тенденция уменьшения числа подъемных канатов, так как неблагоприятные последствия различий в диаметрах канатных желобков шкива трения усиливаются с увеличением числа канатов. Производственный опыт показывает, что канаты диаметром от 40 до 60 мм имеют весьма хорошие эксплуатационные качества. Такой диаметр канатов позволяет использовать различные виды свивки, так что возможно приспособление конструкции каната к особенностям подъемной установки.

При глубине подъема более 1200 м применяются многослойные, некрутящиеся канаты.

**Проходческие подъемные машины.** Необходимость непрерывного увеличения глубины шахт (до 1400 м и более) требует развития техники проходки вертикальных стволов. Важней-

шую роль при этом играет оптимальный выбор проходческих подъемных машин (ППМ).

В настоящее время продолжают применяться в основном двухбобинные ППМ. Общим для них является то, что они работают без уравнивающих (хвостовых) канатов, т. е. без компенсации массы каната. Мощности ППМ достигают  $2 \times 1150$  кВт, что обеспечивает проходку стволов глубиной до 2000 м.

Проходческие подъемные машины оснащены одним или двумя органами навивки каната. Раздельное использование органов навивки каната двухагрегатных машин, а также необходимость регулирования длины канатов обеспечиваются механизмом перестановки. Применяются плоские некрутящиеся канаты. Максимально допустимые для транспортирования грузов скорости составляют 12 м/с.

При проходке шахтных стволов глубиной свыше 1000 м иногда применяют барабанные проходческие подъемные машины. В качестве примера можно назвать двухбарабанную машину мощностью  $2 \times 1150$  кВт. В этой машине барабаны располагаются один за другим, что позволяет выполнять требование выдерживания максимально допустимого угла отклонения каната. Перестановка обоих барабанов осуществляется с помощью муфт включения, размещенных в коробке передач. Включение и выключение обоих приводов позволяют реализовать следующие рабочие функции: спуск-подъем по двум отделениям с приводом от двух двигателей; перестановку каждого барабана в отдельности; работу во время перестановки с одним из двух двигателей: независимый подъем обоими барабанами; установку только одного барабана; спуск-подъем на одном или двух двигателях.

При проектировании ППМ особое внимание уделяется модульной компоновке оборудования с использованием первоначально одного барабана, впоследствии доукомплектовываемого вторым.

Применение ППМ, оборудованных фазным ротором электродвигателей трехфазного тока для регулирования частоты вращения, требует изменения сопротивления в цепи ротора. В основном для этого служат жидкостные пусковые реостаты, к достоинствам которых можно отнести низкую стоимость, малые затраты на монтаж, простоту обслуживания и ухода, а также высокую надежность. Однако они имеют и недостатки — низкий КПД и большие потери энергии именно при запуске и торможении. Поэтому для улучшения энергетического баланса намечается применение приводов трехфазного тока с частотным регулированием. Расширяются масштабы использования микропроцессорных устройств управления, контроля и регулирования.

**Шахтные канаты.** Повышение производительности подъемных установок требует в первую очередь бесперебойной надеж-

ной работы их. Важнейшую роль при этом играют канаты.

В 70-х и в еще большей мере в 80-х гг. идет совершенствование конструкций канатов. Внесен ряд существенных изменений, способствующих повышению сроков службы, износостойчивости, увеличению допустимых нагрузок. При этом возникает необходимость повышения точности расчета их конструктивных параметров. В связи с этим в течение 80-х гг. практически полностью изменился метод расчета подъемных канатов, который производится теперь целиком на ЭВМ.

В настоящее время наиболее распространены канаты следующих типов: закрытые и полужакрытые спиральные, прядевые двойной свивки, а также плоские. Применяются как крутящиеся (однослойные с органическим или металлическим сердечником), так и малокрутящиеся (многослойные) канаты. Последние используются на многоканатных подъемных установках.

Прядевые канаты выполняются круглопрядными, плоскопрядными и фасонными (овальнопрядные, трехгранопрядные). Пряди изготавливаются параллельной односторонней и крестовой свивки. В последнем случае внешние проволоки прядей практически параллельны оси каната.

Применяются канаты с точечным и линейным касанием проволок трех конструкций: «Варрингтон», «Сил» и «Филер». В последнем случае применяются проволоки заполнения. В конструкции «Варрингтон» имеется закрытое исполнение, при котором внешние проволоки (как правило, большего диаметра) имеют точечное касание с проволоками нижнего слоя. Подобная конструкция позволяет своевременно обнаруживать повреждение каната, поскольку в первую очередь происходит разрушение проволок внешнего слоя.

В 80-х гг. на шахтах ФРГ 42% составили канаты «Варрингтон» закрытой свивки (12% — параллельной свивки и 30% — крестовой); 20% — канаты «Варрингтон-Сил», наконец, трехслойные плоскопрядные применялись на 28% подъемов.

В качестве хвостовых канатов в это же время применялись шитые увивальниками плоские канаты, в отдельных случаях — скрепленные скобами. Круглые малокрутящиеся также находили применение.

В Великобритании фирмой «Бритиш коул» применяются в качестве подъемных закрытые канаты фирмы «Бритиш коул», которые имеют большой срок службы, надежны в эксплуатации. Однако преждевременный выход отдельных проволок из строя, расслоение, возникновение других дефектов ограничивают их применение.

Канаты находят применение и в качестве проводников. Для этой цели используют канаты закрытой конструкции или полужакрытые, которые главным образом распространены в Великобритании и Австралии. Последние отличаются от закрытых тем, что во внешнем слое фасонные Х-образные проволоки чередуют-

ся с круглыми. Этим достигается высокая надежность, что обеспечивает в принципе срок службы канатов до 20 лет.

Срок службы подъемных канатов на барабанных ШПМ составляет, например, в соответствии с британскими правилами 3,5 года, а на многоканатных и со шкивом трения — до 2 лет, хвостовых канатов — до 3 лет.

В начале 80-х гг. в ФРГ на одноканатных подъемных установках в связи с ростом полезного груза и глубины номинальный диаметр канатов достиг 78 мм. Разрывное усилие этих канатов составляет 4,5 мН. Дальнейшее увеличение диаметра на установках со шкивами трения связано со следующими трудностями; передача усилия со шкива трения на подъемный канат приводит к опасным смещениям внутри слоев пряжи и может вызвать ослабления, а также другие изменения в сплетке. Обращение с этими канатами, особенно при установке и отцепке прицепных устройств, затруднено.

Фирмы—изготовители канатов большое внимание уделяют качеству металла проволоки. Прочность на разрыв проволок, как правило, не превышает 1800 МПа, для хвостовых канатов — 1400 МПа, но в некоторых случаях применяется проволока с прочностью на разрыв до 2000 МПа и выше.

В различных странах разные запасы прочности, причем в связи с улучшением режимов работы канатов, созданием новых надежных конструкций выдвигаются предложения об уменьшении запасов прочности.

Для защиты металла проволок от коррозии применяют цинковое покрытие главным образом гальваническим методом, а также специальные канатные смазки.

На высоконагруженных подъемных установках в ФРГ оправдали себя две конструкции канатов: круглопрядные канаты со стальным сердечником и волоконной обмоткой, а также трехслойные плоскопрядные канаты.

Принципиально новой конструкцией явились плоскопрядные канаты с оптимизированной формой прядей и износостойкими опорными и заполняющими вкладышами из полиамида.

В начале 90-х гг. произведено дальнейшее усовершенствование трехслойных плоскопрядных канатов. Сюда относится применение пластмассовых вкладышей вместо алюминиевых, фасонных пластмассовых вкладышей в качестве опорных между средним и внешним слоями прядей, искусственного волокна для обмотки прядей среднего слоя для предотвращения фрикционной коррозии между проволоками. Дальнейшим шагом явилась замена внутреннего слоя плоских прядей круглыми с заполнением зазоров опорными профилями, что снижает поперечную усадку и растяжение каната.

В результате комплекса работ по совершенствованию подъемных канатов на протяжении 80-х гг. удалось в ряде случаев

увеличить срок их службы в 3 раза и более, а также подъемную производительность каната. Так, при четырехканатном подъеме при высоте подъема 830 м, полезной массе груза 25 т и диаметре каната 46 мм применение комбинированной конструкции «Варрингтон» и стального сердечника с волокнистой обмоткой увеличило подъемную производительность каната в 3 раза.

На другой шахте при высоте подъема 1150 м, полезной массе груза 25 т, диаметре каната 49 мм в особо тяжелых условиях при агрессивной среде в стволе канаты односторонней свивки применявшейся ранее типовой конструкции с сердечником из чистого волокна выдерживали только 2—3 мес эксплуатации, а канаты комбинированной конструкции «Варрингтон» со стальным сердечником и волокнистой обмоткой работали 12—17 мес.

Длительные исследования показали, насколько важно для повышения срока службы каната состояние его сердечника. Особое внимание уделяется защите канатов от коррозии. Так, появились канаты, проволоки которых имеют антикоррозийный защитный слой из кракала, представляющий собой эвтектическую смесь, состоящую из 95% цинка и 5% алюминия. Подъемный канат подобного исполнения находится в эксплуатации на одной из шахт Рурского бассейна в подземных условиях более года и показал вполне удовлетворительные результаты. Продолжается опытная эксплуатация нескольких хвостовых канатов с проволоками в таком же исполнении в стволах с неблагоприятными климатическими условиями.

Одним из важных решений, реализованных в ФРГ в 80-х гг. и способствующих повышению бесперебойной работы шахтных подъемных машин, является предварительное растяжение канатов перед началом эксплуатации. При этом в значительной мере в начале эксплуатации устраняется возникающее удлинение нового каната, сокращается частота укорачиваний каната, уменьшаются затраты времени на пробные подъемы и спуски, необходимые для подгонки вновь навешенного каната.

Данный способ облегчает замену отдельных канатов при многоканатном подъеме, поскольку можно подогнать их так, чтобы они соответствовали состоянию остальных канатов. Впервые предварительно растянутые канаты были применены в 1982 г. на шахте «Цолльферайн» (ФРГ) при длине каната 1200 м и номинальном диаметре 46 мм. При этом если удлинение канатов в эксплуатации без предварительного растяжения через 100 дней работы составляло 12 м, то при одинаковых режимах спуска и подъема удлинение предварительно растянутых канатов снижалось до 4,5 м. Таким образом, при предварительном растяжении канатов достигается существенное сокращение затрат на укорачивание.

## ДОБЫЧА УГЛЯ ОТКРЫТЫМ СПОСОБОМ

В угледобывающих странах мира открытым способом добывается около 50%.

Динамика и темпы роста добычи угля открытым способом показаны в табл. 27.

Таблица 27

Динамика добычи угля открытым способом, млн т товарного угля

Страна	1980 г.	1985 г.	1990 г.
США	446,5 59,0*	483,4 60,3	538,6 60,0
ФРГ	129,9 57,9	120,8 57,6	107,6 59,0
Польша	36,7 16,0	57,6 23,1	69,0 32,0
ЧСФР	80,9 65,7	88,1 69,1	80,4 70,0
Бывш. ГДР	258,1 100	312,1 100	250,0 100
Греция	26,0 95,0	33,0 95,0	52,3 95,0
Австралия	74,4 67,9	122,0 73,5	153,7 74,0
Индия	43,4 38,2	79,5 50,6	90,0 52,0
Югославия	32,2 68,5	69,0 100,0	73,0 100,0

\* Знаменатель—удельный вес добычи открытым способом в общем объеме добычи.

В ФРГ, ЧСФР, Болгарии и Венгрии открытым способом добывается бурый уголь при небольшом коэффициенте вскрыши; в США, Австралии, Канаде, КНР разрезами ведется разработка как каменноугольных, так и буроугольных месторождений; в Великобритании и ЮАР добывается только каменный уголь. Открытый способ добычи бурого угля отличается высоким уровнем концентрации производства. В ФРГ на трех разрезах Рейнского бассейна добывается 88% угля, в ЧСФР и Польше весь объем добычи сосредоточен на семи и пяти разрезах соответственно. Зарубежные каменноугольные разрезы характеризуются меньшей мощностью. В США, где они преобладают, макси-

мальная годовая производственная мощность разреза составляет 21 млн т, а средняя — менее 300 тыс. т, в Австралии максимальная мощность каменноугольного разреза — 7,5 млн т, в ЮАР — 9 млн т.

В 1990 г. на разрезах было добыто более 2300 млн т товарного угля. По имеющимся прогнозам, к 2000—2010 гг. открытым способом будет добываться 3200 млн т, или 65% всего угля.

По объему добычи открытым способом первое место занимают Соединенные Штаты Америки, где в 1990 г. было добыто около 539 млн т товарного угля. Здесь открытым способом разрабатываются месторождения как каменного, так и бурого угля. Каменноугольные месторождения представлены 1—5 рабочими пластами, мощность которых обычно не превышает 2 м. Пласты залегают горизонтально или слабонаклонно (до 2—3°). Мощность покрывающих пород на каменноугольных месторождениях редко превышает 40—50 м, составляя обычно 12—15 м. Средний коэффициент вскрыши превышает 10 м<sup>3</sup>/т (от 2 до 30 м<sup>3</sup>/т). Вскрыша и междупластья представлены, как правило, крепкими породами, требующими при разработке предварительного рыхления. Уголь также подвергается рыхлению.

Буроугольные месторождения представлены горизонтальными пластами мощностью от 2 до 17 м. Мощность покрывающих пород (обычно мягкие) — до 50—60 м.

Добыча угля в США производится как в восточных, так и в западных штатах. Однако центр открытой добычи перемещается в западные штаты, где должно добываться более 70% общей добычи угля на разрезах. В западных штатах залегают пласты более мощные, чем в восточных, с меньшим содержанием серы и коэффициентом вскрыши.

Природные условия угольных месторождений США благоприятны для применения бестранспортной системы разработки. Объем вскрыши, отрабатываемой по этой системе, составляет около 90%. Для вскрытия пластов на месторождениях с покрывающими породами незначительной мощности используются колесные скреперы и бульдозеры. Разработка угольных пластов в районах с холмистой местностью ведется с контурной конфигурацией уступов.

На угольных разрезах США и ведущих зарубежных стран основным способом бурения взрывных скважин диаметром 140—440 мм является шарошечный с очисткой скважин от буровой мелочи сжатым воздухом.

Крупные компании США, Австралии и Канады предпочитают использовать буровые станки среднего и тяжелого типов на гусеничном ходу с электроприводом, оснащенные системой сухого пылеулавливания. С увеличением диаметра шарошечного долота возрастает и скорость бурения. По данным фирмы «Бюсайрус-Эри» при увеличении диаметра скважин от 187 до

381 мм скорость бурения возрастает более чем в 2 раза, а стойкость долот — в 1,7 раза.

На небольших по объему вскрыши разрезах применяются легкие буровые станки вращательного действия, позволяющие бурить как шарошечным, так и режущим буровым инструментом, а иногда при помощи погружных пневмударников. Эти станки, смонтированные на автомобильном или гусеничном ходу, предназначены для бурения скважин диаметром 117—216 мм.

В США накоплен большой опыт шарошечного бурения. Современные шарошечные буровые станки (рис. 18), характери-

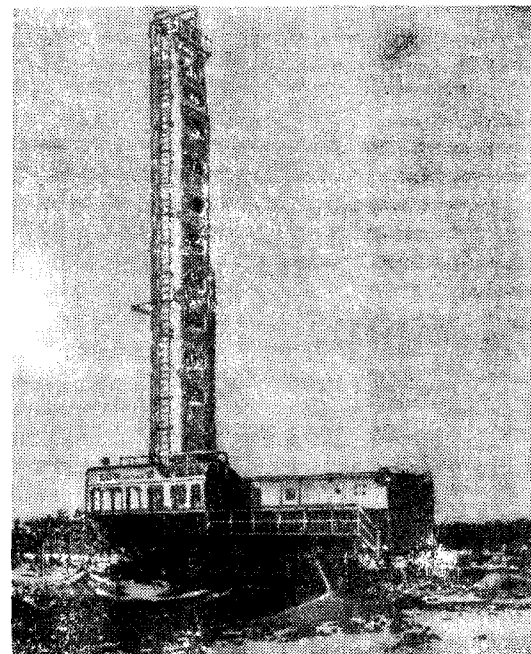


Рис. 18. Станок шарошечного бурения 60-R (США)

зующиеся высокой степенью механизации и автоматизации спускоподъемных операций, в ряде случаев снабжаются автоматизированными системами контроля или программными системами управления процессом бурения. Станки удобны для эксплуатации, имеют хорошо оснащенные кабины.

Характеризуя основные направления развития станков шарошечного бурения в США и в других странах, необходимо отметить следующее. Прослеживается тенденция создания мощных станков для бурения скважин диаметром до 445 мм. Рабочая масса последних моделей станков тяжелого типа превышает 120 т. Несмотря на высокую стоимость тяжелых буровых станков область их применения расширяется.



Применение вращательно-подающих механизмов обеспечивает непрерывную подачу на всю длину штанги.

Осуществляется плавное регулирование величины осевого нажатия и частоты вращения бурового инструмента.

Возможно бурение наклонных скважин под углом 20—30° к вертикали. Благодаря удобству ремонта обеспечиваются его хорошее качество и высокий коэффициент готовности — 0,85.

Станки тяжелого (иногда и среднего) типа оснащены автоматической системой управления процессом бурения.

В системах хода, подачи и вращения широко применяются гидроприводы.

На станках европейских фирм «Хаусхерр» и «Атлас Копко» для всех исполнительных механизмов (хода, подачи, вращения) в качестве привода используются высокомоментные гидродвигатели; это позволило значительно упростить конструкцию и уменьшить массу машин.

Станки для бурения резанием нашли применение главным образом на небольших разрезах США. Как правило, это станки легкого типа, предназначенные для бурения скважин диаметром до 200 мм, отличающиеся простотой конструкции и высокой мобильностью. Область их применения ограничивается крепостью пород.

Станок В30 имеет складную мачту и лебедку. Вращатель станка может отводиться в сторону от скважин. Привод станка осуществляется от коробки отбора мощности автомобиля. Станки В40 и В40L имеют одинаковую базовую конструкцию и различаются лишь величиной хода подачи. Станок В61 имеет складную мачту, вмещающую в себя шнековые штанги длиной до 9 м. Станок оборудован четырехскоростной коробкой передачи гидротрансформатором. Буровой став имеет правое и левое вращение.

Станками управляет один человек, который одновременно наблюдает за бурением, соединяет и разъединяет буровые штанги. Станок В40 оборудован защитным устройством от перегрузок, которое автоматически прекращает вращение при перегрузке двигателя. Станок В50 полностью гидрофицирован.

В гидравлической буровой установке ROC-936НС на гусеничном ходу шведской фирмы «Атлас Копко» получили отражение новейшие достижения в области бурения скважин на карьерах. Установка предназначена для бурения вертикальных и наклонных скважин диаметром 105—165 мм и глубиной до 35 м и имеет три комплекта буровых коронок: СОР-42 — для бурения скважин диаметром 105—125 мм, СОР-52 — для скважин диаметром 130—140 мм, СОР-62 — для скважин диаметром 150—165 мм. Предусмотрено наличие на борту буровой установки компрессора производительностью 385 л/с, развивающего максимальное рабочее давление 2 МПа. Установка обеспечивает полную механизацию бурения, поскольку управление всеми

процессами, включая смену коронок, штанг (с помощью специальной кассеты), контроль угла наклона скважины, осуществляет оператор из кабины. Последняя отличается высокой комфортностью, уровень шума не превышает 85 дБ.

Буровая установка прошла успешные испытания во Франции и Швеции. На карьерах Швеции было пробурено 16 106 м скважин со скоростью от 0,4 до 1,0 м/мин в зависимости от крепости пород.

Шведская фирма «Транстроник» создала систему компьютерного контроля параметров скважины в процессе бурения в комплексе с программой, обеспечивающей оптимальный режим бурения с выводом на дисплей значений усилия на буровой штанге, глубины скважины, скорости бурения и частоты вращения буровой штанги.

На разрезах США (что характерно для всех стран) расширяется область и объем использования селитренных ВВ с добавлением дизельного топлива (АСДТ), водонасыщенных шламообразных ВВ, а также взрывания зарядов ВВ в наклонных скважинах. При взрывании крепких пород используются смеси АСДТ с добавками дисперсного алюминия. Смесь АСДТ недорогая и относительно безопасна в употреблении. Низкая водостойкость аммониевой соли делает практически невозможным применение этих смесей в обводненных породах.

В США и Канаде созданы водонасыщенные взрывчатые вещества (ВВВ), в которых межгранульное пространство твердых компонентов заполняется раствором аммиачной селитры. Водостойкость их достигается желатинизирующими добавками. Регулирование объемной концентрации энергии возможно за счет изменения плотности раствора аммиачной селитры и металлизированных добавок (например, дисперсного алюминия).

Использование шламообразных ВВ обеспечивает безопасность работ и водостойчивость заряда ВВ за счет добавки к водному раствору аммиачной селитры твердых компонентов (ВВ или мелкоизмельченные металлические порошки). Присутствие воды в шламообразных ВВ делает их инертными, невосприимчивыми к случайному воспламенению, а отсутствие нитроглицерина — безопасными при транспортировании и хранении. Водонасыщенные ВВ широко используются в виде эластичных, жестких патронов или жидкой смеси. Они пригодны как для механизированного, так и для ручного заряжания.

В Европе водонасыщенные шламообразные ВВ изготавливаются по лицензии фирмы «Иреко Кемиклз» (США). В этих ВВ сенсibilизатор представляет собой смесь алюминиевой пудры с горючими компонентами — серой и гильсонитом. Модификации водонасыщенных ВВ могут быть инициированы различными способами.

В последние годы эти смеси не претерпели особых изменений, однако экономическая эффективность их использования по-



вышается благодаря совершенствованию технологии транспортирования аммиачной селитры. Фирмой «Сил Эксплозив» (Канада) разработаны непроницаемые эластичные контейнеры из синтетического волокна на 500 и 1000 кг для перевозки смеси, которые могут храниться длительное время на открытом воздухе. Транспортирование контейнеров вместимостью 500 или 1000 кг оказалось экономичнее доставки эквивалентного количества смеси в мешках массой 25 кг.

На мощных разрезах нитроглицериновые ВВ для первичного взрывания практически не применяются. Небольшое количество этих ВВ, используемое для повторного взрывания, со временем будет заменено смесью АСДТ и водными гелями, переход к которым будет происходить постепенно. Некоторое время будут применяться и гелигниты.

При взрывании необводненных пород на мощных разрезах и при невысоких затратах на бурение использование любого другого ВВ, кроме смеси АСДТ, экономически нецелесообразно. В этих случаях металлизированные ВВ могут быть использованы только для взрывания пород нижней части уступа с целью улучшения качества проработки его подошвы.

Наиболее эффективным способом приготовления смесей и изменения состава АСДТ будет, как и сейчас, использование смесительно-зарядных машин (грузоподъемностью 15 т), при помощи которых можно готовить смеси с содержанием алюминия в пределах 0—15% и заряжать скважины со скоростью до 450 кг/мин.

Взрывчатые вещества типа АСДТ, очевидно, сохраняют доминирующее положение до конца 90-х гг.

Для снижения стоимости ВВ ведется поиск более дешевых горючих добавок, например, дизельное топливо стали заменять отработанным дизельным маслом, угольной пылью.

При взрывании необводненных сильнотрещиноватых пород наметилась тенденция снижения объемной концентрации энергии заряда путем введения в состав смеси АСДТ вспененного полистирола. При зарядании скважин большого диаметра содержание полистирола в смеси АСДТ достигает 90%, при этом заряд ВВ сохраняет способность к надежной детонации. При значительно меньшей концентрации энергии и плотности заряда смесь АСДТ+полистирол весьма эффективна и экономична при взрывании легковзрываемых необводненных пород. Перспективно также применение этих смесей для перемещения пород вскрыши во внутренние отвалы с использованием энергии взрыва.

Обводненные скважины обычно осушают и после этого в них помещают пластиковые гильзы, заполняемые смесью АСДТ.

Широко применяется смесь АСДТ высокой плотности в патронах из водостойчивой пластиковой пленки. Несмотря на

низкую стоимость заряжания обводненных скважин, такие патроны обходятся в 2—3 раза дороже сыпучей смеси АСДТ, и, кроме того, они требуют изменения способа взрывания.

При взрывании смеси АСДТ высокой плотности в соответствующей упаковке реализуется только 80—90% расчетной теоретической энергии взрыва. Действие ВВ ослабляется также и тем, что диаметр патронов меньше диаметра сухих скважин. Расходы на буровзрывные работы при этом возрастают.

При взрывании обводненных скважин принимается компромиссное решение. Например, вместо скважин диаметром 158,8 мм по сетке 4,8×4,8 м бурят скважины по сетке 4,2×4,2 м и заряжают смесью АСДТ; осушенные скважины заряжают водостойчивыми ВВ.

Если скважины пробурены по более крупной сетке, предусматривающей применение сыпучей смеси АСДТ, то при использовании водостойчивых ВВ высокой плотности типа АСДТ вследствие меньшего удельного расхода ВВ степень дробления взорванной горной массы недостаточна и производительность экскаваторов снижается.

В ряде случаев целесообразен отказ от использования смеси АСДТ высокой плотности и переход к более дорогостоящим водонасыщенным шламообразным ВВ для обводненных скважин при увеличенной сетке их бурения, особенно при крепких породах и завышенной величине линии наименьшего сопротивления по подошве уступа.

**США.** При разработке угольных месторождений в США с большим коэффициентом вскрыши был применен метод направленного взрывания высоких уступов с перемещением части пород взрывом в выработанное пространство. На разрезе «Биг Ран» (штат Пенсильвания) энергией взрыва непосредственно в отвал перемещается до 60% вскрышных пород, шагающим драглайном — 40%. При среднем коэффициенте вскрыши 19 м<sup>3</sup>/т взрывы на сброс оцениваются как средство возмещения больших затрат на вскрышные работы. Использование энергии ВВ не только для взрывания горных пород, но и для направленного сброса их в выработанное пространство в ряде случаев способствует не только снижению эксплуатационных затрат, но и повышению интенсивности разработки месторождений.

На II Международной конференции по проблемам новых технологий в горнодобывающей промышленности был предложен новый способ ведения вскрышных работ при открытой добыче полезных ископаемых, предусматривающий циклично-поточную схему отработки вскрыши с использованием драглайна в сочетании с конвейером, установленным перпендикулярно линии фронта работ. Практика применения конвейеров, установленных перпендикулярно линии фронта работ и используемых совместно с обычными драглайнами, далеко не нова. В таких случаях драглайн загружает крупнокусковую породу вскрыши

в питатель-дробилку, находящуюся на дне разреза. Отсюда дробленый материал выдается конвейером на отвальную сторону разреза. Однако подобная технология удаления вскрыши недостаточно эффективна.

В соответствии с новой циклично-поточной схемой (рис. 19) драглайн с длинной стрелой специальной конструкции разме-

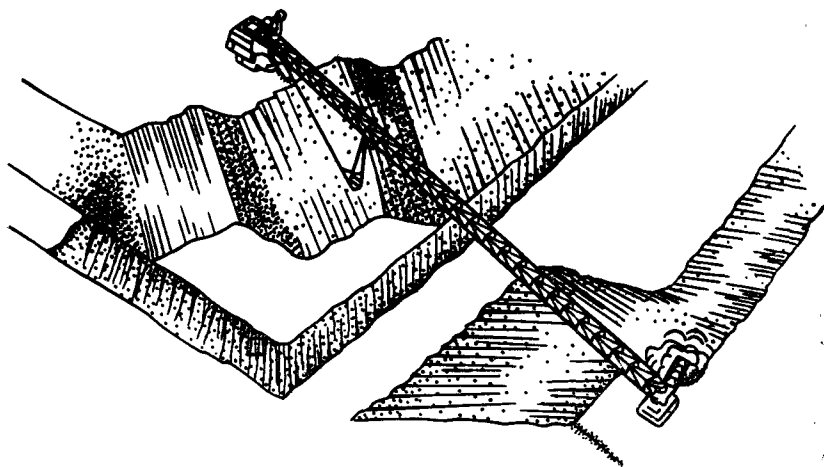


Рис. 19. Циклично-поточная схема ведения вскрышных работ с использованием драглайна в сочетании с конвейером, установленным перпендикулярно линии фронта работ

щается на рабочем борту разреза. Стрела драглайна располагается перпендикулярно линии фронта работ и служит в качестве места для конвейера, при этом отвальный конец стрелы опирается на качающийся разгрузочный конвейер, установленный на отвальной стороне. Ковш драглайна подвешивается к тележке, перемещающейся вдоль нижней поверхности стрелы. Порода разгружается в питатель-дробилку, встроенную в драглайн у основания стрелы. Измельченный материал поступает на конвейер и транспортируется на отвальную сторону разреза, где с помощью качающегося разгрузочного конвейера размещается в отвал.

Предлагаемая циклично-поточная схема может быть модифицирована в поточную при использовании оборудования непрерывного действия.

На вскрышных работах разрезов в США мощные экскаваторы — механические лопаты постепенно вытесняются драглайнами. Основной парк драглайнов в США, Канаде, Австралии представляют шагающие драглайны с ковшем вместимостью 46—60 и 115—138 м<sup>3</sup> и стрелой длиной до 100 м.

Наблюдается тенденция применения драглайнов меньшей мощности. В 80-е гг. фирме «Харнишфегер» (США) не было

заказано ни одного драглайна с ковшем вместимостью более 70 м<sup>3</sup>. Специалисты США считают, что увеличение вместимости ковша мощного драглайна в 2 раза приводит к повышению капитальных затрат на его приобретение в 4 раза. Более эффективно применение двух драглайнов с ковшами вместимостью 15—23 м<sup>3</sup>. По прогнозам, будущее за драглайнами модульного типа на гусеничном ходу. Наиболее крупным в мире драглайном подобного типа является драглайн фирмы «Харнишфегер» (США), оборудованный стрелой длиной 61 м и ковшем вместимостью 15 м<sup>3</sup>. При конструировании драглайнов стремятся к уменьшению массы стрелы. Фирма «Мэрион» (США) поставляет драглайны со стрелой длиной 110 м из прочных сплавов алюминия. На разрезах Канады эксплуатируются драглайны модели 2570-W фирмы «Бюсайрус-Эри» (США) и модели 8750 фирмы «Мэрион» (США) со стрелой длиной 122 м из трапецевидных секций, изготовленных из трубчатой стали способом сварки. Стрела наполнена сжатым воздухом и обеспечивает подъем груза массой до 200 т. Длина стрелы 58,5 м, наклон 30°, рабочий радиус черпания 114,9 м, максимальная глубина черпания 48 м, высота отвала 45 м. Краткая техническая характеристика драглайнов ведущих фирм приведена в табл. 28. Большинство поставляемых на разрезы высокоразвитых угледобывающих стран механических лопат с электроприводом снабжено ковшами вместимостью 30,5 м<sup>3</sup>; отдельные модели имеют ковши вместимостью 45,8 м<sup>3</sup>. Самая мощная механическая лопата имеет ковш вместимостью 153 м<sup>3</sup> и максимальный радиус черпания 75 м при рабочей массе 12610 т.

Расширяется область применения экскаваторов-механических лопат с гидроприводом, оснащенных микропроцессорными системами.

Новый экскаватор — электрическая механическая лопата 295-BII17-34 м<sup>3</sup> фирмы «Бюсайрус-Эри» — самая дешевая модель этой фирмы. Машина оснащена приводной системой переменного тока «Акутрол», которая может поставляться с системой управления фирмы «Дженерал Электрик» (США) или «Сименс» (ФРГ). Основное преимущество такой приводной системы по сравнению с системой на постоянном токе в том, что отпадает необходимость в коллекторах и щетках. При этом не только уменьшается объем работ по введению смазки в подшипники через определенные интервалы времени, но и снижается вероятность короткого замыкания между щетками, так как исключается опрокидывание двигателя. Кроме того, щетки и коллекторы являются источниками потерь электроэнергии и интерференции в статических приводах постоянного тока.

Экскаватор 295-BII оснащен трубчатой рукоятью и системой канатов, обеспечивающих ход ковша. Такая конструкция обладает рядом преимуществ по сравнению с зубчато-реечной систе-

Технические характеристики драглайнов, выпускаемых фирмами США

Фирма, модель	Рабочая масса, т	Вместимость ковша, м³	Длина стрелы, м	Высота разгрузки, м	Глубина копания, м	Мощность двигателя, кВт
«Бюсайрус-Эри»	1260-W	30,6	92	—	36—50	1800
	1300-W	33,6	79	—	45—50	2580
	1350-W	36,7	87	—	42,0—45,7	2950
	1360-W	38,2	99	—	—	—
	1370-W	45,9	99	—	39,6—51,8	3680
	1570-W	61,2	98	—	—	—
	1770-W	72,6	98	—	—	—
	2570-W	87,9	122	—	50,3—62,8	7360
	3270-W	133,8	101	—	—	—
	4250-W	168,2	94	—	56,4	14 700
	«Мэрнон»	10—17	55—73	16,8—22,6	36,6—42,7	962—1100
		15—27	61—91	27,1—36,6	39—42	1850
		19—34	69—99	29,0—40,8	39—42	2220
		38—50	76—104	38,0—47,9	51,0—53,8	3700—4400
		46—57	84—107	41,0—42,7	44,0—48,8	5180—6660
		57—92	91—122	39,0—40,2	45,7—61,0	8800—9620
		76—138	91—122	36,8—37,8	45,0—48,8	13 320

мой управления черпанием, так как позволяет уменьшить массу стрелы за счет установки двигателей хода ковша и системы управления ближе к оси вращения экскаватора, что снижает общую инерцию машины. Еще одним преимуществом рукояти, подвешенной на канатах, является полное гашение несбалансированных нагрузок, которые испытывает ковш в процессе черпания. Таким образом предотвращается возможность повреждения стрелы, так как трубчатая рукоять свободно поворачивается в направляющей, выполненной из мягкой стали. При зубчато-реечной передаче усилия кручения передаются непосредственно на стрелу без ослабления.

Экскаватор 295-BII предназначен для работы с самосвалами грузоподъемностью 170 т (заполняются за четыре заходки). При использовании новых ковшей «быстрого заполнения» «Фастфил» фирмы «Бюсайрус-Эри» масса передней части экскаватора уменьшается на 15%, а коэффициент заполнения ковша составляет 104%.

Американская фирма «Харнишфегер» выпускает вскрышные и добычные экскаваторы типа прямой лопаты для угольной промышленности (табл. 29). Фирма выпускает также драглайн

Таблица 29

Технические характеристики экскаваторов фирмы «Харнишфегер»

Модель	Вместимость ковша, м³	Длина стрелы, м	Рабочая масса, т	Удельный показатель,* м³/т
<b>Вскрышные экскаваторы</b>				
2100BL-CL/MR	19,1	16,70	437,388	0,044
2100BL-CL/LR	14,5	21,34	480,226	0,030
1900AL-CL	13,8	14,02	373,342	0,037
1900AL-LR	15,3	16,76	408,500	0,037
<b>Добычные экскаваторы</b>				
2800XP	25,2	17,68	906,278	0,028
2800XP/LR	20,6	21,34	944,849	0,022
2300XP	20,6	15,24	700,937	0,029
2300XP/LR	16,1	19,81	746,296	0,022
2100BL	13,0	15,24	476,700	0,027
2100BLE	15,3	15,24	404,424	0,038
1900AL	9,2	12,19	364,470	0,025
1600CL/LR	9,2	12,80	261,270	0,035
1400E/DE	3,4	9,75	172,066	0,020
5700LR	19,1	27,43	1588,961	0,012

\* Отношение вместимости ковша к массе машины.

2355E/DE на гусеничном ходу (дизель-электрический и электрический) с ковшом грузоподъемностью 45,36 т, являющийся самым большим в мире (длина стрелы 61 м). Отличительная особенность — модульная сборка делает его узлы более транс-

портальными и значительно сокращает срок монтажа-демонтажа.

Выпускаемые фирмой гидравлические экскаваторы «1200-прямая лопата» и «1200-обратная лопата» на гусеничном ходу имеют вместимость ковша соответственно 10,0 и 7,6 м³, масса машин одинаковая — 130,4 т. Экскаваторы обоих типов оснащены автоматической системой смазки, дизельным приводом — последними достижениями в области гидравлики. Машины оборудованы кабиной машиниста с полным обзором, системой рычажного управления; легко демонтируются для транспортирования на новое место работы, имеют небольшой срок монтажа.

Уголь и вскрышные породы транспортируются автосамосвалами (табл. 30). Грузоподъемность отдельных автосамосвалов на разрезах достигает 360 т (рис. 20). На некоторых осваивае-

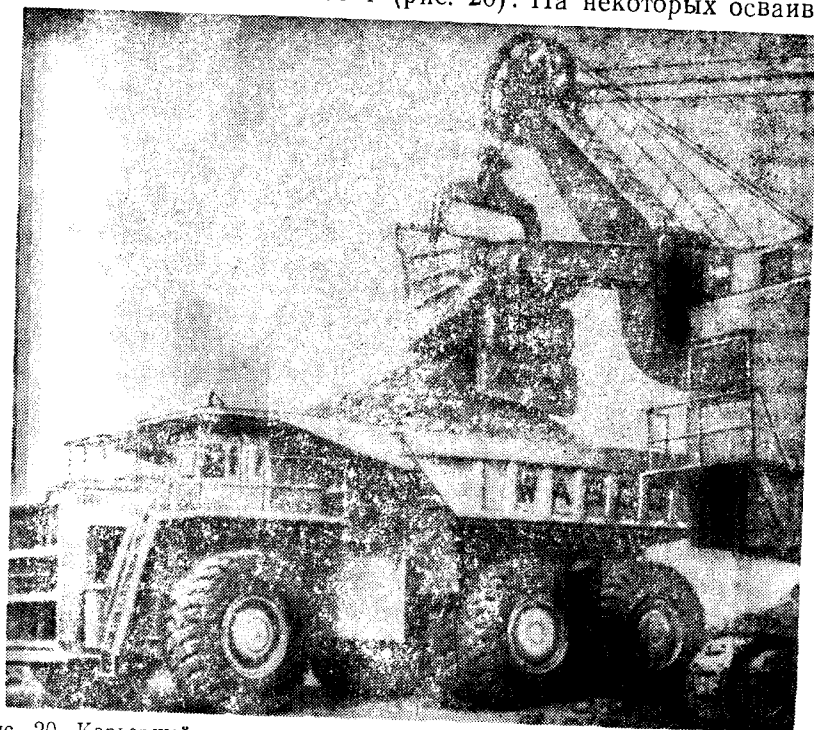


Рис. 20. Карьерный автосамосвал 3200 В грузоподъемностью 227 т (фирма «Вабко»)

мых бурогольных месторождениях предполагается использование роторных экскаваторов и конвейерного транспорта для удаления пород вскрыши. Самосвалы модели R170 фирмы «Юклид» (США) можно оборудовать дизельными двигателями типа «Камминс» или «Детройт», имеющими практически одинаковую характеристику (мощность 1180 кВт, 16 цилиндров, пуск двигателя — сжатым воздухом).

Таблица 30

Технические характеристики автосамосвалов ведущих мировых фирм

Показатели	«Юнит Риг» (США)						«Вабко» (США)		«Юклид» (США)	«Комалу» (Япония)
	M-85	M-100	M-120	M-33	M-36	M-200	170	3200B		
Колесная формула	4×2	4×2	4×2	4×2	4×2	4×2	4×2	4×2	4×2	4×2
Грузоподъемность, т	77	90	108,8	136	154,2	182	154	227	154	120
Масса автосамосвала, т	48,2	50,87	69,7	82,5	95,2	37,7	101,3	161,4	101,56	87,57
Коэффициент тары	0,63	0,57	0,65	0,605	0,575	0,66	0,558	0,724	0,659	0,73
Полная масса, т	125,2	140,87	166,16	218,5	249,4	219,7	255,5	388,4	255,78	207,57
Мощность двигателя, кВт	680	736	883	975	1180	1821	1180	1821	1180	883
Геометрическая вместимость кузова (при угле естественного откоса груза 30°), м³	49,7	49,7	41,3	65	63,5	84	54	157	96,6	46,1
Габаритные размеры автосамосвала, м:										
длина	9,93	9,93	10,59	11,68	11,81	14,63	11,89	16,5	11,89	10,885
ширина	5,18	5,18	5,59	5,71	6,78	7,8	6,98	7,7	6,35	6,3
высота	5,16	5,21	5,41	5,68	5,79	6,45	6,1	6,2	6,69	4,89
Колесная база, м	4,57	4,57	4,57	12,3	12,66	6,7	5,44	25,3	5,64	5,4
Минимальный радиус поворота автосамосвала, м	9,14	9,29	11,3			16,46	12,0		12,5	10,3
Шины	21.00—49	24.00—49	30.00—51	36.00—51	36.00—51	40.00—57	36.00—51	36.00—51	36.00—51	33.00—51
Трансмиссия			Электрогидравлическая				Пневмогидравлическая	Электромеханическая	Гидравлическая	Пневмогидравлическая

При бестранспортной системе разработки используются мощные драглайны и механические лопаты, при контурной разработке — драглайны и лопаты средних моделей. В ряде случаев для снятия верхней части пород вскрыши используются роторные экскаваторы и консольные отвалообразователи для перемещения вскрыши в выработанное пространство разрезов.

Все большее развитие получает технология с использованием направленного взрывания, которая позволяет уменьшить высоту рабочего уступа и тем самым увеличить радиус действия драглайна при сокращении объема переэкскавации.

Разрез «Коловайо» компании «Коловайо коул» является одним из наиболее крупных разрезов на западе США (рис. 21). В разработке находятся 8 пластов, из которых три верхних вскрываются экскаваторами типа механической лопаты с погрузкой в автомашины, а пять нижних — драглайнами. Тщательная отработка схемы экскавации позволила при росте объема добычи уменьшить объем перемещаемой экскаваторами и автосамосвалами вскрыши почти на 0,8 млн м<sup>3</sup> и соответственно снизить долю затрат на вскрышу в себестоимости 1 т добываемого угля.

Мощность разрабатываемых угольных пластов колеблется от 1,05 до 4,20 м, общая мощность пластов 18 м. Предельный коэффициент вскрыши 6,5:1,0, при глубине разреза 120 м. Пласты залегают под углом 6°.

Вся вскрыша подвергается буровзрывному рыхлению. Бурение скважин производится станками модели 45R с электрическим и дизельным двигателями на колесном ходу (фирма «Бюсайрус-Эри») и Т-5 на пневматическом ходу (фирма «Ингерсолл-Ранд»). Диаметр скважины 250 мм.

Отработка вскрыши с использованием экскаваторов типа механической лопаты и автосамосвалов начинается со снятия толщи породы мощностью 10,5 м. Затем отрабатывается междупластье между пластами Y и X мощностью от 33 до 39 м и, наконец, междупластье над пластом А мощностью от 9 до 12 м. Для выполнения этих работ применяются электрические экскаваторы типа механической лопаты фирмы «Харнишфегер» модели 2300 и фирмы «Мэрион» модели 191М с ковшом вместимостью 11,4 м<sup>3</sup> и несколько фронтальных погрузчиков. Коэффициент вскрыши в этой зоне работ — около 10:1, среднее расстояние транспортирования — 2400 м.

После отработки пласта А двумя драглайнами 1300W и 800W (фирма «Бюсайрус-Эри») с ковшами вместимостью соответственно 28,2 и 20,5 м<sup>3</sup> и стрелой длиной 85,5 и 58,5 м вскрываются 5 нижележащих пластов В, С, D, Е и F. Мощность этих пластов — 1,95; 1,65; 3,30; 2,25; 1,20 м. Наибольший коэффициент вскрыши в этой зоне — около 5:1.

Породный прослой между пластами А и В взрывается, и часть породы (около 45%) перемещается взрывом в выработан-

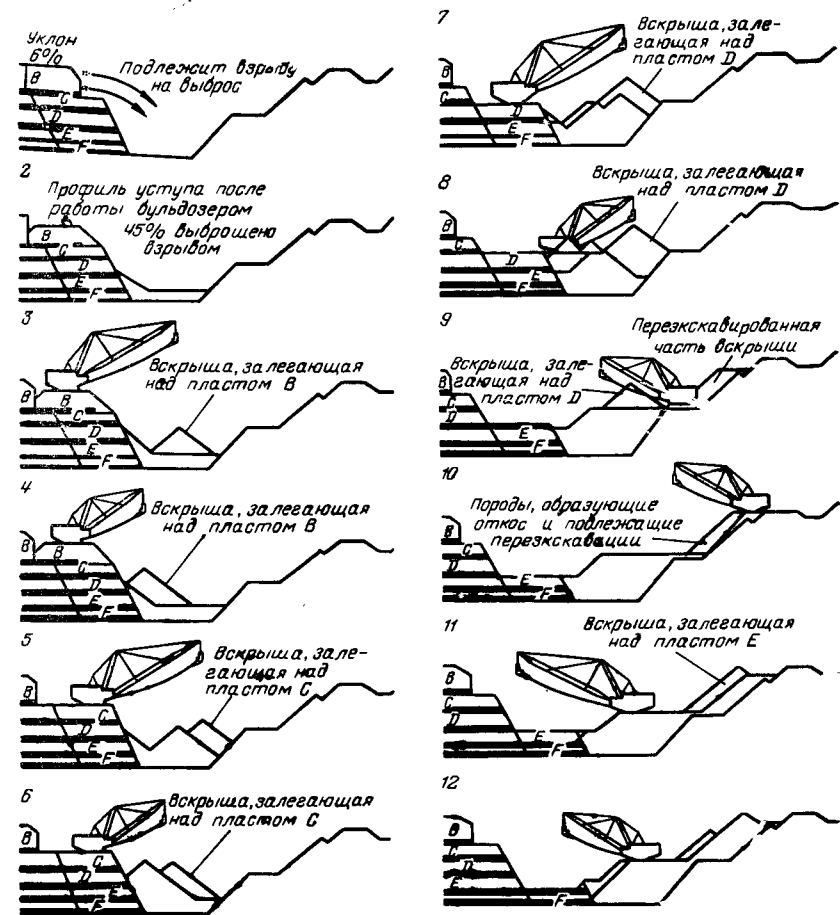


Рис. 21. Технология экскавационных работ на разрезе «Коловайо» (США). После взрыва на выброс драглайны ведут вскрышные работы для пяти нижележащих пластов:

1 — взрыв выбрасывает часть вскрышных пород над пластом В на прежнюю почву котлована разреза; 2 — бульдозеры готовят ровную площадку на уступе для драглайна; 3 — драглайн 1300 W начинает удаление вскрышных пород, залегающих над пластом В; 4 — драглайн 800 W осуществляет вскрышу с другого конца уступа; 5 — драглайн 1300 W удаляет большую часть вскрыши, залегающей над пластом С; 6 — драглайн 800 W с другого конца уступа удаляет вскрышу, залегающую над пластом D; 7 — по той же схеме драглайн 1300 W удаляет вскрышу, залегающую над пластом D; 8 — драглайн 800 W удаляет часть вскрыши, залегающей над пластом D, отсыпая предотвал; 9 — драглайн 800 W производит переэкскавацию вскрышных пород, залегающих над пластом D, для образования отвального уступа; 10 — в тех случаях, когда необходимо, драглайн 800 W переэкскавирует породы, образующие откос отвального уступа; 11 — драглайн 1300 W, находясь на отвальном уступе, удаляет вскрышные породы, залегающие над пластом Е, а затем вскрышные породы, залегающие над пластом F; 12 — драглайн 800 W переэкскавирует породы, залегающие над пластами Е и F.

Оба драглайна идут с противоположных концов уступа навстречу друг другу. Отвал, образуемый драглайном 1300W, размещается на некотором расстоянии от рабочего борта, а отвал, образуемый вторым драглайном 800W, — вплотную к борту. После отработки драглайны таким же образом междупластий над пластами В, С и D переходят к отработке междупластий над пластами Е и F. При этом оба драглайна размещаются на стороне отвала и двигаются в одном направлении. Драглайн 1300W идет впереди, а драглайн 800W производит перелопачивание, при необходимости отступая на отвале до нужной позиции.

После ряда экспериментов была принята следующая схема буровых работ (рис. 22). Скважины средней глубиной 18,9 м располагаются в шахматном порядке с расстоянием между рядами 5,4 м и между скважинами 7,8 м и бурятся до угольного

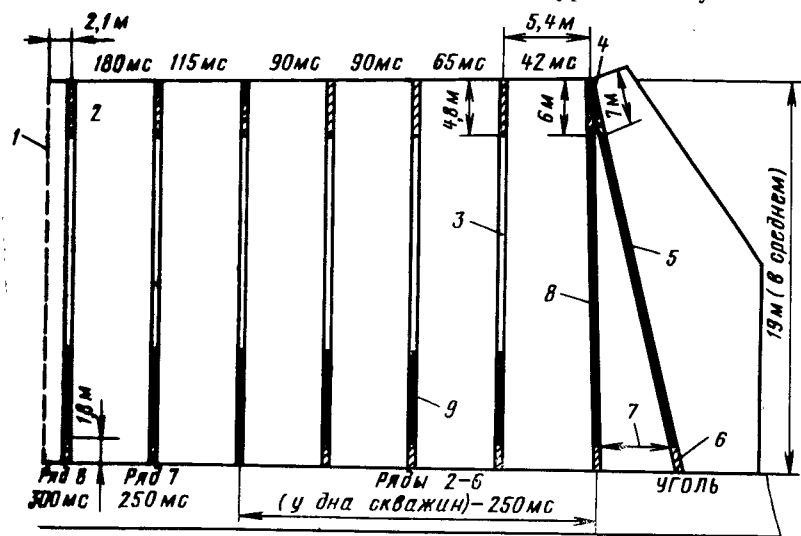


Рис. 22. Типичная схема расположения взрывных скважин для взрывов: 1 — линия предварительного взрывания для образования нового откоса уступа; 2 — забойка; 3 — ряды скважин 3—8; 4 — ряд скважин 1 (наклонные), пересекающихся с рядом скважин 2; 5 — «Пауэр Ан»; 6 — ряд скважин 1,  $t = 175$  мс; 7 — замедление у дна скважин 25 мс; 8 — ряд скважин 2, 666 кг «Пауэр Ан»; 9 — 258 кг АМДТ и 362 кг «Пауэр Ан».

Первый (к борту уступа) ряд скважин проходится с углом наклона  $15^\circ$ , что позволяет выбрасывать в выработанное пространство от 38 до 45% породы, а на участках, где высота уступа достигает 22,5 м и междупластье представлено песчанником, выбрасывается до 60% породы.

Для размещения на две скважины часто применяются ВВ, в состав которых входят 24% дизельного топлива и 76% аммиачной селитры (АН2400).

В сильнообводненные скважины глубиной до 15 м загружают ВВ типа АН3000.

Перед производством основного взрыва производится предварительное оконтуривание взрываемого блока. Для этого по линии будущего нового откоса уступа пробуривается ряд скважин диаметром 250 мм с расстоянием между центрами 3 м. Количество ВВ, перемещаемого в скважину, колеблется от

45,3 кг до 113,0 кг. Забойка не применяется, и все скважины взрываются одновременно.

Расстояние между последним рядом основных скважин и рядом оконтуривающих скважин составляет 2,1 м (считают, однако, что лучше увеличить его до 2,4 м). Рассматривается возможность увеличения времени замедления взрывания скважин на участках с более мягкими или слоистыми породами, в частности, увеличения замедления между первым и вторым рядами скважин до 50 мс (в соответствии с этим последовательность интервалов замедления между остальными рядами будет 65, 90, 90, 115 и 180 мс).

В США фирмой «Хэрон Мэнюфекчуриг» создан комбайн для открытых работ «Изи Майнер», который представляет собой компактный экскаватор с малыми глубиной и высотой копания, позволяющий производить отделение пород от массива, дробление и погрузку горной массы. Этот комбайн в основном применяется при разработке открытым способом пластообразных залежей или крепких прослоек небольшой мощности более чем на десяти разрезах.

Машина представляет собой самоходный агрегат на гусеничном ходу. Между гусеницами в центре машины к опорной раме прикреплен рабочий орган барабанного типа, оснащенный резцами. Сменные резцы барабана расположены по спирали. При помощи резцов экскавируемый материал направляется в центр машины на неповоротный главный ленточный конвейер, а с него — на разгрузочный конвейер, скорость которых регулируется. На машине установлен дизельный двигатель типа КТА2300, фирмы «Камминз», 70—80% мощности которого расходуется на привод рабочего органа. Комбайн может работать в комплексе с автомобильным и конвейерным транспортом.

#### Техническая характеристика комбайна «Изи Майнер» 1224

Расчетная производительность, т/ч	1633
Диаметр рабочего органа, мм	2230
Максимальная глубина резания, мм	610
Ширина рабочего органа, мм	4140
Число резцов	44
Рабочая скорость машины, м/мин	60,96
Установленная мощность, кВт	895
Частота вращения рабочего органа, мин <sup>-1</sup>	60
Ширина ленты конвейера, мм	1830
Скорость движения ленты, м/с	3,05
Длина конвейера, м:	
главного	8,2
разгрузочного	15,2
Угол поворота разгрузочной стрелы относительно продольной оси машины, град.	±105
Высота погрузки, м	7,9

С 1985 г. в США эксплуатируется комбайн для открытых работ SME-12 производительностью 800 т/ч (предполагается выпуск комбайна производительностью 2000 т/ч). Рабочий орган

комбайна представляет собой фрезерный барабан, смонтированный на короткой стреле впереди машины. Подъем и опускание стрелы производится гидроцилиндрами. На барабане размещены 96 съемных и 19 несъемных резцов с износостойкими вставками. Рабочий орган закрыт направляющим щитом для подбора отделяемых от массива кусков. Экскавируемый материал поступает на приемный, затем на промежуточный конвейер, проходящий между гусеницами. С погрузочного конвейера материал подается в автосамосвалы или на ленточный конвейер. Расположение рабочего органа на стреле обеспечивает возможность разработки уступа суммарной высотой до 4,8 м.

#### Техническая характеристика комбайна SME-12

Производительность, т/ч	800
Диаметр рабочего органа, мм	915
Ширина резания, мм	3658
Суммарная высота уступа, м	4,8
Обеспечиваемая крупность материала, мм	Менее 200
Рабочая скорость машины, м/мин	0,77
Суммарная установленная мощность двигателей, кВт	331
Высота погрузки, м	1,5—6,7
Угол поворота погрузочной стрелы, град	70

В последние годы транспорт в горнодобывающей промышленности становится одним из основных факторов, определяющих эффективность производства, что связано с увеличением объемов разработки труднодоступных месторождений полезных ископаемых, стремлением к снижению себестоимости добычи, а также необходимостью уменьшения вредного влияния горных работ на окружающую среду.

Идеальной считается система транспорта, которая может обеспечивать непрерывный поток горной массы от забоя к потребителю. Частично этим требованиям удовлетворяют системы ленточных конвейеров, имеющие, однако, ряд ограничений. Основное ограничение — угол наклона, при котором могут работать конвейеры. Оптимальным для работы обычных лотковых ленточных конвейеров является угол наклона до 20°.

В связи с необходимостью в практике работы горнодобывающих предприятий обеспечения непрерывного транспорта полезных ископаемых при больших углах наклона возникла потребность в создании и внедрении крутонаклонных конвейеров.

В настоящее время крутонаклонные конвейеры, используемые в сочетании с самоходными дробилками, могут оказывать, как считают, более эффективным способом транспортирования, чем автосамосвалы.

Из имеющихся типов лент для крутонаклонных конвейеров наиболее универсальной (поскольку, в отличие от других типов, может применяться и с обычными конвейерами) является лента «Флексвелл», поставляемая фирмой «Даути Меко» (Вели-



кобритания). Эта лента состоит из отдельных карманов, образуемых боковыми стенками конвейера и поперечными перегородками. Вертикальный гофрированный профиль боковых стенок позволяет ей преодолевать крутые изгибы в местах перехода с горизонтального направления в вертикальное. Нижняя часть ленты в поперечном направлении усилена жесткими ремнями, благодаря чему обеспечивается ее устойчивость при работе. Лента не выгибается и не провисает даже при резком изменении направления движения в состоянии сильного натяжения. Дополнительную устойчивость ей придают поперечные перегородки. Разработаны три типа перегородок, выбираемых в зависимости от вида транспортируемого материала и угла наклона. Высота перегородок и боковых стенок соответственно 600 и 630 мм. Конвейерные ленты «Флексовелл» выпускаются различной ширины. Производительность конвейера может достигать 10 тыс. т/ч при транспортировании материала крупностью до 400 мм.

Считают, что наибольшее распространение крутонаклонные конвейеры получат на открытых работах, где они будут использоваться для транспортирования материалов непосредственно от забоев по откосу уступа до обогатительной фабрики или отвалов. При установке под углом свыше 70° конвейер не требует никаких промежуточных опор.

Фирма «Маратон Ле Турно» (США) разработала основанную на использовании ЭВМ систему текущего контроля и ухода за внедорожными машинами на открытых работах, предназначенную для предотвращения аварийных повреждений.

Система VSM ориентирована на использование мощного оборудования, такого как автосамосвалы «Титан-2000» или погрузчика L-1000. Система обеспечивает непрерывное слежение за состоянием двигателя машины, охладительной, гидравлической и электрической систем. В ее состав входят цифровой дисплей, измерительные преобразователи для сбора информации, ЭВМ с объемом памяти 16 бит и устройство для дистанционной обработки данных RPV. Последнее просматривает до 96 входных сигналов со скоростью 250 единиц в секунду. При обнаружении аварийного состояния устройства RPV оценивают его с помощью цифровой индикации. Одновременно включается звуковой сигнал, с тем чтобы привлечь внимание оператора машины.

Наиболее важное преимущество системы VSM состоит в том, что она позволяет оператору обнаруживать отклонения и принимать необходимые меры задолго до того, как машина будет серьезно повреждена. Благодаря тому, что машина отключается немедленно, а не продолжает работать, система VSM может предотвратить дорогостоящие аварии. Данная система является также весьма ценным инструментом локализации неисправностей и организации профилактического ремонта. Благо-

даря раннему обнаружению опасного состояния она позволяет руководящим работникам разреза более эффективно планировать ремонт оборудования и уход за ним, дает возможность заблаговременно ремонтировать технику в мастерских, а не в разрезе при непредвиденных обстоятельствах.

Выходные сигналы, время и информация автоматически записываются в память ЭВМ. Все данные из памяти машины могут быть легко получены с помощью карманного терминала или портативной ЭВМ непосредственно на рабочем месте. Возможна также передача информации на центральную ЭВМ, расположенную в другом месте, для анализа отказов и получения распечаток. Система VSM может быть также соединена радиосвязью или диспетчерской связью с базовой станцией для консультаций по техническому состоянию машины.

Новая система взвешивания груза LWS, которая работает совместно с системой VSM, также может быть смонтирована фирмой «Маратон Ле Турно» на ее автосамосвалах «Титан-2000» и погрузчиках L-1000. При использовании измерительных преобразователей, расположенных под днищем кузова автосамосвала, система LWS предотвращает его перегрузку, следя за нарастанием массы груза во время погрузки. Предотвращение перегрузки за счет применения системы снижает износ и продлевает срок службы автосамосвала. В то же время поддержание заданной нагрузки ведет к повышению эффективности использования автосамосвалов и тем самым к увеличению добычи.

Система LWS служит также важным инструментом управления производством. Объем перевозок каждым самосвалом, а также всем парком можно точно регистрировать для каждой смены, суток и месяца. При связи с центральной радиодиспетчерской через систему VSM система LWS дает руководству точную картину загрузки автосамосвалов в реальном масштабе времени.

**ФРГ.** На территории бывш. ГДР в 1990 г. было добыто 250 млн т бурого угля. Разработка ведется на глубине до 100 м и более; пласты, залегающие на глубине 200 м, должны разрабатываться после 2000 г. Доля вскрышных работ в общей себестоимости добычи бурого угля на разрезах составляла в среднем 64%. Поэтому классификация технологий открытых работ в большинстве случаев базируется на системах вскрыши.

Различают угольные разрезы с транспортом по уступам и с транспортом, пересекающим котлован разреза. При первой схеме вскрышные породы перемещаются по периметру разреза по уступам, нарезанным в основном горизонтально. Это обуславливает относительно протяженные расстояния транспортирования, а следовательно, и низкую производительность труда и высокую себестоимость. При второй схеме с использованием передвижных транспортно-отвальных мостов или комплексов

экскаватор—абзетцер вскрышные породы по максимально короткому пути по поверхности вскрытого угольного пласта транспортируются в отвал, который отсыпается на почве отработанного пласта. При такой схеме транспорта вскрыши обеспечиваются более высокая производительность труда и более низкая себестоимость (табл. 31).

Таблица 31  
Сравнение показателей на вскрышных работах при различных видах транспорта \*

Вид транспорта	Производительность труда, %	Себестоимость угля, %	Удельный расход энергии, кВт·ч/м³
Транспортно-отвальные мосты	100,0	100,0	1,06
Железнодорожный транспорт	18,2	408,0	0,87
Конвейерный транспорт	49,1	233,0	2,51
В среднем	46,0	202,0	1,51

\*Показатели транспортно-отвальных мостов приняты за 100%.

Усилия специалистов были направлены на то, чтобы всюду, где это возможно по горно-геологическим и техническим условиям, применять схему транспорта через котлован разреза. Для использования транспортно-отвальных мостов необходимо равномерное залегание, которое характерно прежде всего для месторождений большой протяженности. В целом с помощью транспортно-отвальных мостов можно перемещать лишь около 50% объема удаляемых вскрышных пород.

Увеличение доли конвейерного транспорта в некоторой степени обусловлено ростом глубины разрезов. Доля наименее экономичного вида транспорта — железнодорожного — снижается (табл. 32).

Таблица 32  
Динамика доли различных видов транспорта вскрыши, % (разрезы бывшей ГДР)

Год	Транспортно-отвальные мосты и комплексы экскаватор—абзетцер	Конвейерный транспорт	Железнодорожный транспорт
1950	27	—	73
1980	52	23	25
1989	52	28	20
1990	50	38	12
2000	49	40	11

Транспортно-отвальные мосты представляют собой относительно жесткие системы. Комплексы экскаватор—абзетцер могут применяться на участках с более сложным залеганием, где

невозможно использование транспортно-отвальных мостов. Совершенствование таких комплексов (их доля в общем объеме работ около 10%) обеспечит их широкое применение в будущем, несмотря на довольно сложную технологию работ при их эксплуатации.

Мощность вскрышных пород, вынимаемых при использовании транспортно-отвальных мостов, ограничена. Если общая мощность вскрышных пород больше допустимой высоты отсыпки, то обрабатывается передовой уступ, на котором располагается конвейер, доставляющий вскрышу к транспортно-отвальному мосту. Для повышения доли рентабельных транспортно-отвальных мостов в общем объеме работ была увеличена высота отсыпки при их применении.

Опыт, накопленный при эксплуатации транспортно-отвальных мостов, позволил сконструировать так называемые типовые транспортно-отвальные мосты, которые могли применяться в условиях бурогольных разрезов бывш. ГДР. В середине 70-х гг. был создан мост F60 с высотой отсыпки 60 м. На бурогольных разрезах работает 15 транспортно-отвальных мостов, в том числе три типа F60.

Транспортно-отвальные мосты обеспечивают высокий уровень концентрации работ. Так, транспортно-отвальный мост F60 развивает производительность порядка 120 млн м³/год; главный конвейер такого моста рассчитан на производительность 36 тыс. м³/ч. При таком уровне концентрации на разрезах с веерным продвижением фронта работ и общей длине уступов около 3500 м годовое продвижение на конце уступа составляет от 700 до 800 м. При этом способе внимание уделяется устойчивости откосов отвалов.

Управление машинами с высокой часовой производительностью, запрограммированная отсыпка отвала и др. возможны лишь с помощью микропроцессора.

Там, где нельзя применять транспортно-отвальные мосты, используют комплексы экскаватор—абзетцер. Разработанные конструкции комплексов состоят из серийных роторных экскаваторов SRs и специальных абзетцеров, характеризующихся особо длинной разгрузочной консолью, поскольку именно длина влияет на высоту отсыпки.

Техническая характеристика отвалообразователя  
A₂Rs-B18000.120

Производительность, м³/ч	1800
Плотность насыпного материала, т/м³	1,6
Высота отсыпки, м	27
Длина, м:	120
отвальной консоли	
промежуточного перегружателя	91
приемной части	23
приемной консоли	6
Скорость передвижения, м/мин	7000
Установленная мощность приводов, кВт	

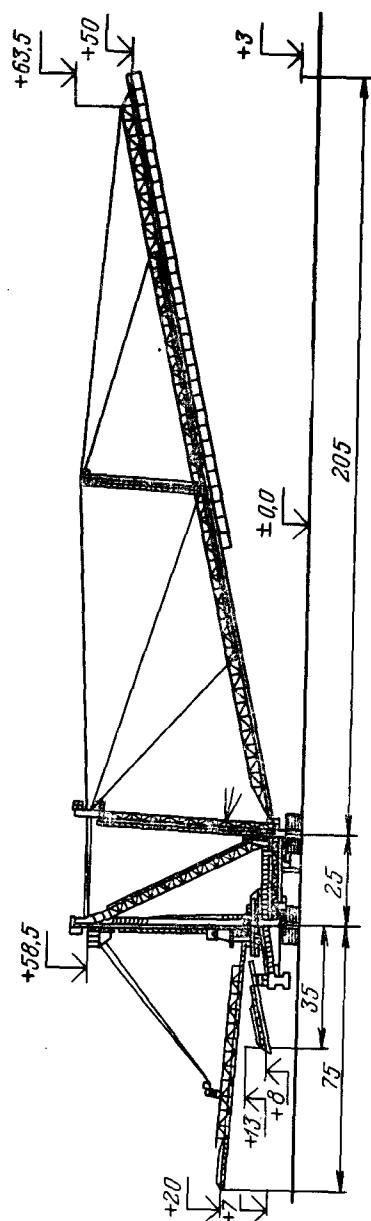


Рис. 23. Отвалообразователь фирмы «Демаг». Размеры даны в м

Фирма «Демаг» (ФРГ) выпускает отвалообразователи для вскрышных работ (рис. 23), которые являются составной частью комплексной системы ХРС. Эти транспортно-отвальные мосты отличаются от конструкций фирм других стран надежностью работы всей статической системы и высокой маневренностью.

#### Техническая характеристика отвалообразователя

Производительность, м <sup>3</sup> /ч	6000
Длина отвальной консоли, м	205
Высота разгрузки, м	50
Длина принимающей стрелы I, м	70
Длина принимающей стрелы II, м	20
Максимальная длина транспортирования, м	305
Ширина конвейера, м	1,4
Скорость ленты, м/с	4,5—7,5

Механизм передвижения представляет собой три сдвоенные гусеничные установки со средним давлением на почву 10 Н/см<sup>2</sup> и максимальным 15 Н/см<sup>2</sup>.

Система ХРС допускает совместную работу отвалообразователя с различным набором механизмов и оборудования на вскрыше (двумя или одним уступами):

I вариант — два экскаватора на гусеничном ходу; обеспечивает гибкость и надежность работы;

II вариант — два гидравлических экскаватора вместе с перегружателями; обеспечивает гибкость и селективность выемки;

III вариант — два гидравлических экскаватора и передвижные дробильные установки для работы по крепким породам с измельчением их для транспортирования конвейерами;

IV вариант — один роторный экскаватор; обеспечивает увеличение размеров блока и низкие затраты на вскрышу.

Разрабатывается конструкция абзетцера А<sub>2</sub>Rs18000.225 с разгрузочной консолью длиной 225 м и часовой производительностью 18 000 м<sup>3</sup>. Высота отсыпки подобных комплексов оборудования вряд ли превысит 35 м, а их годовая производительность будет не выше 40 млн м<sup>3</sup>. Поэтому предпочтение по-прежнему будет отдаваться транспортно-отвальным мостам везде, где они применимы.

На разрезах бывш. ГДР применялись роторные экскаваторы серии SRs производства комбината «Такраф» (табл. 33). Выпускается ряд специализированных типов. Так, роторный экскаватор SRs(K) 502.22/1 предназначен для работы в районах с холодным климатом (от —40 до +40°С) при производительности 90 тыс. м<sup>3</sup>/сут. Его теоретическая часовая производительность регулируется в пределах до 2500 м<sup>3</sup> (при работе по крепким породам). Удельное усилие копания на 1 см режущей кромки составляет 990 Н, а на 1 см длины зуба режу-

Технические характеристики роторных экскаваторов типа SRs

Показатели	SRs 470 1,5	SRs 630 1,5	SRs 1300 2,5 + VR	SRs 1300 2,5 + VR	SRs 2000 2,5 + VR	SRs 2000 2,5 + VR	SRs 2400 3,5 + VR	SRs 6300 5,0
Теоретическая производительность по разрыхленной массе, м³/ч	1120—1430	1700—2300	2800—3500	2800—3500	4500—5400	3600—4500	7200—9000	10 000—13 000
Усилие копания, Н/см²	178—138	114—83	47—82	47—82	134—105	134—105	134—105	57—39
Максимальный радиус, м:								
черпания	26,5	26,5	43,7	43,7	49,5	42,5	64,7	83
разгрузки	22,5	25	80	80	71	40,5	93	152
Диаметр ротора, м	6,7	6,7	8,4	8,4	11	11	12,5	18
Вместимость ковша, м³	0,46	0,63	0,70	0,70	2,50	0,82	2,10	3,10
Мощность двигателя привода ротора, кВт	500	500	400	400	1000	1260	1260	1890
Давление на грунт, Н/см²	13,9	11,7—13,2	11,0—11,5	11,0—11,5	8,9—8,3	11,2—13,7	12,1—11,0	14,0
Установленная мощность электродвигателя, кВт	1150	1125	—	—	—	3200	5450	—
Рабочая масса, т	750	690	1980	1980	2755	2150	4000	6600

шей кромки — 3200 Н. Максимальная высота черпания 22 м при ширине блока 27 м. Мощность привода ротора 2×630 кВт. Бескамерный ротор диаметром 12 м оснащен 20 ковшами. Частота ссылок может регулироваться от 104 до 78 мин⁻¹. Достигается тангенциальное усилие 572 кН. При ширине трака 3600 мм среднее давление на грунт равно 14,5 Н/см². На разгрузочной стреле длиной 30 м размещена кабина оператора разгрузки. Для достижения экскаватором оптимальной производительности может быть использована система программного управления BPs 5011.

Роторный экскаватор SRs 2000.28/3 (2×630 кВт) отличается большой мощностью привода роторного колеса (рис. 24),

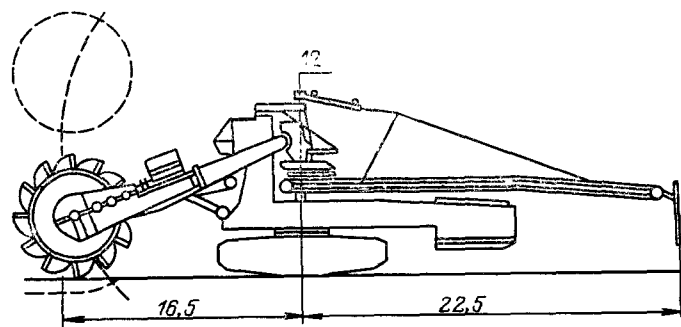


Рис. 24. Роторный экскаватор SRs 2000.28/3 (ФРГ)  
Размеры даны в м

пригоден для разработки тяжелого грунта, например для вскрыши с крепкими включениями.

#### Техническая характеристика роторного экскаватора SRs2000.28/3

Теоретическая производительность, м³/ч:	
в рыхлом теле	3800/4800
в плотном теле	2800/3550
Соппротивление копания, Н/см²	1370/1080
Максимальная ширина блока, м	50
Высота черпания, м	28
Глубина черпания, м	3
Диаметр роторного колеса, м	11
Число ковшей	18
Ширина конвейерной ленты, м	1,8
Масса, т	2300
Среднее давление на грунт, Н/см²	11,8

Роторный экскаватор SRs 404 сконструирован для работы на разрезе «Панандхро» в Индии. Экскаватор рассчитан на выемку вскрыши, бурого угля и породных прослоек. Его суточная производительность — 30 тыс. м³. Диаметр бескамерного ротора с восемью ковшами — 8 м. Мощность привода ротора — 500 кВт. Удельное усилие копания на 1 м длины ротора — 500 кВт.

жущей кромки составило 935 или 1015 Н при частоте ссыпок 53 или 45 мин<sup>-1</sup> соответственно. Высота черпания 15 м, ширина блока 20 м. Длина разгрузочной стрелы 22,5 м. Экскаватор смонтирован на двухгусеничной ходовой тележке с четырехточечной опорой. Среднее давление на грунт при ширине трака 2800 мм равно 10 Н/см<sup>2</sup>.

Роторный экскаватор SRs 320 представляет собой часть унифицированного ряда оборудования, предназначенного для разработки месторождений минерального сырья. В систему такого оборудования входят роторные экскаваторы, многоковшовые цепные экскаваторы и ленточные отвалообразователи, а также передвижные ленточные конвейеры; теоретическая производительность экскаватора SRs 320—2300/1800 м<sup>3</sup>/ч. Мощность привода ротора составляет 320 кВт при удельном усилии копания на 1 см режущей кромки 700 Н. Частота ссыпок 81,5 мин<sup>-1</sup>. Привод ротора осуществляется через расположенный со стороны конвейера планетарный редуктор с коническо-цилиндрическими шестернями. В редукторе имеются четыре планетарные шестерни. Путем переключения обеспечиваются две скорости.

Высота черпания экскаватора 15 м, глубина копания 0,5 м. Длина разгрузочной стрелы 22 м. При загрузке уступного конвейера через разгрузочную воронку можно использовать систему автоматического фиксирования стрелы. Среднее давление на грунт 10 Н/см<sup>2</sup>.

Многоковшовый цепной экскаватор ER/S-60 T/W предназначен для разработки месторождений песка, гравия, глины; для работы по вскрышным породам. При направленной ковшовой цепи он рекомендуется для работ на суше (Т), а при свободно провисающей цепи — для подводной разработки (W). По выбору заказчика экскаватор может быть смонтирован либо на гусеничном, либо на рельсовом ходу. Максимальная производительность экскаватора 240 м<sup>3</sup>/ч. Мощность привода ковшовой цепи 55 кВт. Ковшовая рама рассчитана на высоту черпания 15 м и на глубину черпания 14 м. Разгрузочный конвейер обеспечивает радиус разгрузки 12 или 17 м (считая оси поворота экскаватора). Максимальная высота разгрузки 6 м. Вместимость ковшей 0,06 м<sup>3</sup>. Частота ссыпок 46 мин<sup>-1</sup>. Среднее давление на грунт 10 Н/см<sup>2</sup>.

Ленточный перегружатель BRs 1400.53 модернизирован для применения на разрезе «Панандхро» в Индии. Извлеченный материал передается от экскаватора на питающий желоб и по ленте конвейера шириной 1400 мм поступает в загрузочный бункер перегружателя. Номинальная производительность перегружателя 2700 м<sup>3</sup>/ч, он смонтирован на двухгусеничной ходовой тележке. Длина приемной стрелы 24,5 м; разгрузочной стрелы (от оси ее поворота) — 29 м. Скорость передвижения перегружателя 6 м/мин, он преодолевает закругления с радиу-

сом 8 м. Экскаватор может использоваться при температуре воздуха до +50°С. Среднее давление на грунт составляет 7 Н/см<sup>2</sup>. Для экскаватора SRs 1000 на базе микрокомпьютера разработана система автоматического управления, что позволяет улучшить использование экскаватора во времени на 15% по сравнению с обычным ручным управлением.

Основной объем добычи бурого угля открытым способом в западных землях ФРГ приходится на Рейнский буроугольный бассейн (85%). Здесь разрабатываются пласты мощностью от 10 до 60 м (в среднем 40 м), залегание которых близко к горизонтальному. Встречаются тектонические нарушения. Мощность вскрыши достигает 100—120 м, коэффициент вскрыши 2,7—3,0 м<sup>3</sup>/т. В остальных трех буроугольных бассейнах (Гельмштедтском, Гессенском и Баварском) мощность пластов изменяется от 10 до 20 м, коэффициент вскрыши — от 1,5 до 5 м<sup>3</sup>/т.

Мощность разрезов ФРГ непрерывно возрастает. За последние 20 лет построены четыре разреза с проектной годовой мощностью от 30 до 50 млн т угля. Из трех разрезов Рейнского бассейна добывается около 100 млн т/год. При использовании техники непрерывного действия предпочтение отдается роторным экскаваторам. Одним из основных направлений технического развития является увеличение мощности создаваемого оборудования, что позволяет непрерывно сокращать число машин, находящихся в работе, и тем самым увеличивать производительность труда, которая на разрезах ФРГ является самой высокой в мире и к началу 90-х гг. приблизилась к 85 т/смену.

Крупные роторные экскаваторы производительностью 2300 м<sup>3</sup>/ч выпускаются с погрузочным устройством на собственном ходу и с соединительными конвейерными мостами длиной до 100 м. В 1989 г. на разрезе «Хамбах» начат монтаж роторного экскаватора производительностью 240 000 м<sup>3</sup>/сут, или 19 120 м<sup>3</sup>/ч.

Роторные экскаваторы постепенно вытесняют цепные: за последние 10—12 лет парк цепных экскаваторов сократился с 28 до 6, а роторных возрос с 40 до 50.

В табл. 34 приведены технические параметры роторных экскаваторов, производившихся в западных землях ФРГ.

В ФРГ длительное время ведутся работы по созданию и совершенствованию гидравлических экскаваторов.

Фирма «Маннесман Демаг баумашинен» разработала еще в 1954 г. первый гидравлический экскаватор типа B504 массой 11,5 т с ковшом вместимостью 0,4 м<sup>3</sup>. В 1972 г. появился первый 100-тонный экскаватор, в 1978 г. — экскаватор типа H241 массой 240 т с ковшом вместимостью 14 м<sup>3</sup>, в то время самый крупный гидравлический экскаватор в мире.

В 1983 г. фирма представила экскаватор типа H185 с ковшом вместимостью 16 м<sup>3</sup>, явившийся усовершенствованной мо-

Технические характеристики роторных экскаваторов типа SchRs

Показатели	SchRs 650 24 4	SchRs 1000 26 1,5	SchRs 1200 23 2,3	SchRs 1900 31 9	SchRs 1800 21,3 58,5	SchRs 2250 38 9	SchRs 2450 18 1,5	SchRs 4500 44 12,5	SchRs 4600 30 2,5	SchRs 6300 50 9	SchRs 6640 17 57
Теоретическая производительность по разрыхленной массе, м <sup>3</sup> /ч	1730—2370	5600	2200—3950	5000	7000—10500	4000—8100	7865	8900	9350	15900	19120
Усилие копания, Н/см <sup>2</sup>	—	67	—	50	—	62—65	—	—	60	—	66
Максимальный радиус, м:											
черпания	39	34,8	42,2	51,2	72,3	54,5	27,3	75,8	39,8	77,8	81,3
разгрузки	30	25	44	43,7	118	110	35	130	112	119	141,5
Диаметр ротора, м	8,7	9,0	10,4	12,0	16,5	12,0	12,5	17,2	17,5	21,6	21,6
Вместимость ковша, м <sup>3</sup>	0,65	1,10	1,20	1,70	1,80	2,25	2,45	4,50	4,60	6,30	6,64
Мощность привода роторного ко- леса, кВт	265	1000	440	—	1500	700	1000	1800	1590	2520	3360
Давление на грунт, Н/см <sup>2</sup>	9,5	15,0	10,0	11,0	13,5	9,0	—	13,8	14,6	17,0	15,9
Установленная мощность электродвигателей, кВт	1260	2800	2240	3100	8243	5370	—	8570	6336	13950	13950
Рабочая масса, т	1200	1336	1802	2674	6790	3850	1780	7200	4700	12700	12800

делью Н241, и, таким образом, вплотную подошла к производству 500-тонных машин. Такие экскаваторы могут экономично работать с автосамосвалами грузоподъемностью 140—186 т, которые все шире применяются на крупных разрезах.

Экскаватор Н485 массой свыше 500 т (табл. 35), ковш которого предназначен для скальных пород и один весит столько же, сколько весь экскаватор Н40 этой фирмы (40 т), является основным в программе фирмы по производству крупных машин. Экскаватор Н485 с вместимостью ковша 23 м<sup>3</sup> имеет среднюю производительность погрузки 3500 т/ч. При насыпной массе экскавируемых пород 1,8 т/м<sup>3</sup> он загружает тяжелый автосамосвал за четыре цикла. Экскаватор работает с дизельным или дизель-электрическим приводом, оснащенным 16-цилиндровым четырехтактным двигателем с турбонаддувом и воздушным охлаждением, который при частоте вращения 1900 мин<sup>-1</sup> создает максимальную мощность 1592 кВт. При установленной мощности 1570 кВт двигатель работает с частотой вращения 1800 мин<sup>-1</sup>. Расход горючего при этом составляет 250 л/ч. Через распределительный редуктор приводятся в действие шесть головных аксиально-поршневых насосов с поворотными лопастями фирмы «Хидраулик», которые при частоте вращения 800 мин<sup>-1</sup> обеспечивают общий дебит 4800 л/мин.

Распределительный редуктор, насосы и три блока управления размещены в машинном отделении, что снижает трудности при ремонте. Экскаватор снабжен гидравлической системой с гидропилотом фирмы «Демаг» с общим переключателем трех рабочих циклов, регулировкой максимальной мощности и отключателем напряжения.

Максимальное рабочее давление составляет 30 МПа. Ускорение вращения на короткий период времени обеспечивают два насоса, подключенные к обоим двигателям механизма поворота. Короткие циклы, полное использование мощности приводов посредством регулирования предельной нагрузки, малое число оборотов насосов, благодаря чему удлиняется срок их работы, отсутствие предварительного давления в системе гидравлики, хорошее всасывание благодаря небольшому расстоянию между насосами и резервуаром, наличие трех блоков электронного управления на гидроарматуре большого сечения, небольшое число гидроприводов и мест соединения, и, следовательно, малые возможности утечек — все эти особенности фирма «Демаг» считает преимуществами конструкции. Рабочее место оператора находится на высоте 8 м, что обеспечивает хороший обзор и позволяет видеть ковш экскаватора.

С каждой стороны ходовой части размещены по два гидро-двигателя, которые приводят в действие барабан. Ходовая часть экскаватора длиной 10 600 мм может быть снабжена траками шириной 1500 или 1900 мм, в зависимости от чего удельное давление на грунт составляет 17,6 Н/см<sup>2</sup> или 13,7 Н/см<sup>2</sup>. Установ-





ленные на раме верхнего строения узлы по размеру и массе удобны для транспортирования. Для ведения работ по удалению пропластков имеется комплект специального оборудования.

Решающее значение для экономичной работы крупного экскаватора имеет наличие большой рабочей зоны. Радиус черпания экскаватора Н485 составляет 18,8 м; высота черпания 20,3 м; протяженность движения ковша при планировке 7,5 м; предельная глубина черпания со стандартным оборудованием обратной лопаты 9 м. Экскаватор применяется на сыпучих породах, включая мягкие угли и породу, известково-песчаные почвы с включением кремния, глины и сланца.

Фирма «Либхерр» (ФРГ) специализируется на разработке

и производстве гидравлических экскаваторов с ковшом вместимостью до 18 м<sup>3</sup> и рабочей массой до 205 т. Все модели экскаваторов отличаются идентичной унифицированной гидравлической системой высокого давления с электронной системой контроля, имеют низко расположенный центр тяжести, что делает их весьма устойчивыми, ковши улучшенной геометрии.

Обеспечен удобный доступ для осмотра и ремонта всех узлов машины, применена компьютерная система контроля работы узлов. Машины маневренны и удобны в управлении и обслуживании.

Гидравлические экскаваторы типа прямой и обратной лопаты выпускает также фирма «Либхерр» (табл. 36). По данным фирмы, эти модели гидравлических экскаваторов рекомендуются для применения на открытых разработках полезных ископаемых по твердым породам со среднесменной производительностью 2750 т. Наиболее эффективной машиной является экскаватор с ковшом вместимостью 3,4 м<sup>3</sup> и донной разгрузкой, которая загружает 40-тонный самосвал за 150 с.

В последние годы получают распространение роторные экскаваторы в компактном исполнении фирм «Крупп» (рис. 25, а). «Маннесман Демаг», «Везерхютте» (табл. 37). Экскаваторы массой от 40 до 600 т серийного производства с относительно короткой стрелой легко транспортируются, не требуют больших затрат на техническое обслуживание и благодаря непрерывному режиму работы обеспечивают высокий уровень производительности.

Таблица 37

Технические характеристики компактных роторных экскаваторов фирмы «Крупп»

Показатели	C1250	C2000	C3150	C4000	C5000	C6300
Теоретическая производительность в рыхлой массе, м <sup>3</sup> /ч	1250	2000	3150	4250	5250	6700
Мощность привода ротора, кВт	132/210	210/360	400/630	530/840	660/1100	800/1280
Диаметр ротора, м	5,5	6,8	8,3	9,3	10,5	11,8
Вместимость ковша, л	250	450	710	1075	1350	180
Ширина лент конвейеров, м	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0
Вылет стрелы ротора, м	9,4	12,2	15,8	18,7	22,0	24,7
Вылет разгрузочной стрелы, м	20	22	25	28	31	33
Рабочая масса, т	147/175	240/190	450/540	640/780	880/1080	1180/1440

Примечание. В числителе приведено стандартное исполнение, в знаменателе — для тяжелых условий.

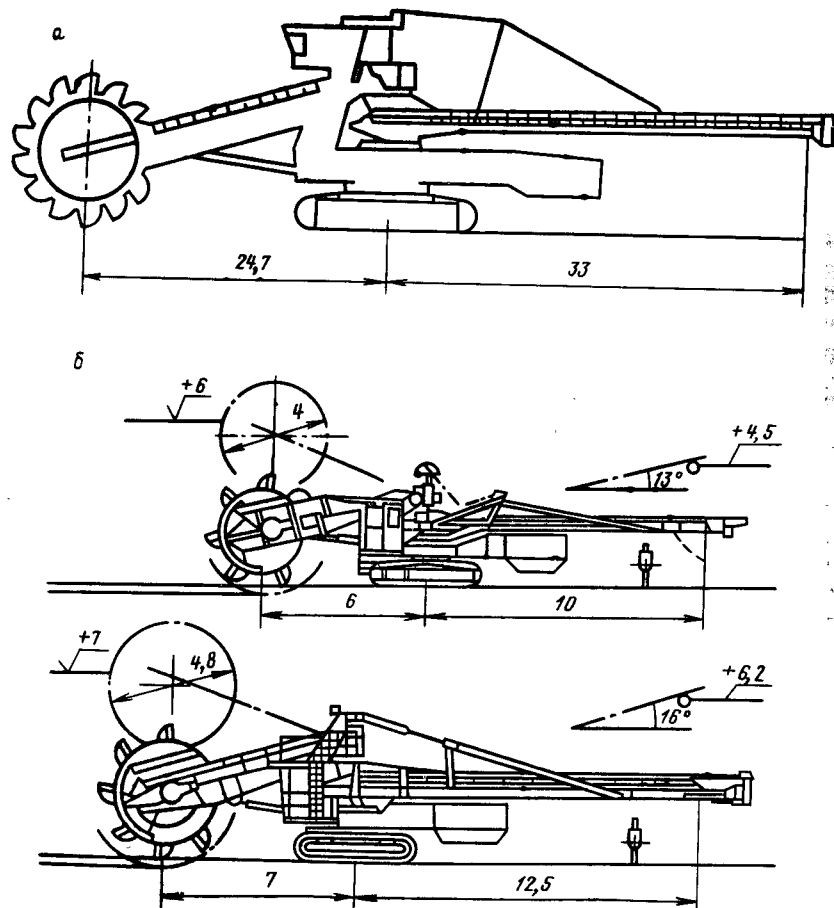


Рис. 25. Конструктивные схемы компактных роторных экскаваторов С6300 фирмы «Крупп» (а) и фирмы «Оренштайн унд Коппель» (б). Размеры даны в м

Таблица 38

## Компактные роторные экскаваторы серии S (ФРГ)

Показатели	S100	S160	S250	S400	S630	S1000	S1250	S1600
Теоретическая производительность, м <sup>3</sup> /ч	420	720	1250	2000	3000	4200	5400	6700
Рабочая масса, т	45	65	90—110	180—220	360—520	600—850	900—1200	1200—1600

Представляют интерес компактные роторные экскаваторы фирмы «Оренштайн унд Коппель» (табл. 38, рис. 25, б), предназначенные для горнодобывающей промышленности. Модели S100 и S1600 представляют собой новое поколение машин, отражающих направление компактного конструирования. Основные узлы взяты из серийных гидравлических экскаваторов и позволяют применять машины на крепких вскрышных породах. Кроме того, они легко транспортируются на низких специальных платформах.

Фирма «Оренштайн унд Коппель» выпускает роторный экскаватор с С-образной рамой, имеющей теоретическую производительность 9000 м<sup>3</sup>/ч и массу 3500 т, и роторный экскаватор «Гигант» с теоретической производительностью 20 тыс. м<sup>3</sup>/ч и массой 14 тыс. т.

Компактные роторные экскаваторы используются для разработки открытым способом месторождений гравия, песка, гипса, мела, угля и других полезных ископаемых. Находят они применение и при строительстве каналов, дамб, автомагистралей. Обычно эти машины используют для работы по однородным породам с небольшим или средним сопротивлением резанию, разработка которых не требует буровзрывных работ. С их помощью можно производить также экскавацию глинистых почв и песчаника. Длительный опыт эксплуатации этих машин способствовал созданию надежных конструкций многих узлов, которые в настоящее время выпускаются серийно. Оснащенные гусеничным ходом машины обладают высокой маневренностью и способны преодолевать подъемы 6—7°. Ходовая тележка оснащается гусеницами различной ширины, что обеспечивает допустимое давление на грунт при эксплуатации в различных горно-геологических условиях.

В соответствии с производственными требованиями компактные роторные экскаваторы оснащаются электрическим или электрогидравлическим приводом, а по желанию потребителей — дизель-электрическим или дизель-гидравлическим. Выбор двигателя привода экскаватора, механизма подачи, диаметра

ротора, размеров и числа лопастей, длины стрелы диктуется требуемыми усилиями резания, производительностью транспортных средств и другими параметрами разработки.

В каждом отдельном случае перед началом эксплуатации экскаватора проводятся его испытания с целью установления величины сопротивления резанию, а также крепости и структуры добываемых пород.

Варианты технологических схем эксплуатации компактных роторных экскаваторов весьма различны. Наиболее простой вариант — система экскаватор—автосамосвал. Важным моментом является необходимость обеспечения бесперебойной подачи транспортных средств (автосамосвалов или вагонов с донной разгрузкой) под погрузку с целью доведения до минимума перерывов в подаче материала. (В противном случае не обеспечивается полное использование производственного потенциала роторных экскаваторов.)

Широко распространена система экскаватор—перегрузочный конвейер—конвейерная линия—отвалообразователь, обеспечивающая бесперебойную выдачу большого объема горной массы за пределы разреза.

Компактные роторные экскаваторы значительно экономичнее обычных большой массы. Сравнение на одном из югославских разрезов показало, что при системе компактный роторный экскаватор—автосамосвал производственные издержки на перемещение 1 м<sup>3</sup> вскрыши вдвое меньше, чем при традиционной системе драглайн с гидравлическим приводом — автосамосвал такой же производительности. Компактные роторные экскаваторы реже используются при бестранспортной системе разработки, когда при наличии отвалообразователей с прямой разгрузкой в отвал или расположенных на отвальной стороне транспортно-отвальных мостов отпадает необходимость в применении конвейеров и автосамосвалов. Установка для прямой разгрузки вскрыши в отвал фирмы «Деаг», работающая на одном из разрезов США, перекрывает расстояние от приемного пункта до разгрузочного, равное примерно 300 м.

Компактные роторные экскаваторы фирмы «Крупп» оснащены программным электронным управлением. Центральный компьютер на основании необходимых данных определяет геометрию выемки. Процесс экскавации отображается на дисплее в кабине машиниста, который контролирует работу машины только по приборам. При использовании системы управления на базе лазерной техники после выемки блока нет необходимости в осуществлении сложных контрольных измерений.

Фирма «Либхерр» выпускает также вариант экскаватора R982 с электрическим приводом на напряжение 500, 600, 3000, 6000 В. Кроме горнодобывающих отраслей, гидравлические экскаваторы нашли широкое применение в строительстве и других отраслях промышленности.

Фирма «Оренштайн унд Коппель» выпускает ряды экскаваторов типа прямой и обратной лопаты на гусеничном и колесном ходу для применения в различных отраслях промышленности (табл. 39).

Таблица 39

Технические характеристики экскаваторов фирмы «Оренштайн унд Коппель»

Показатели	RH40C-750	RH75C-750	RH75-800	RH90C-800	RH120C-1000	RH300
Рабочая масса, т	83,3	125,5	145,0	155,0	213,0	498,0
Мощность привода, кВт	252	417	2×250	2×293	2×417	2×835
Вместимость ковша, м³: обратной лопаты	5,6	10,0	7,6	14,0	18,0	32,0
прямой лопаты	7,3	12,0	10,0	14,0	18,0	39,0

Экскаватор RH300 — самый мощный современный гидравлический экскаватор с усилием внедрения ковша не больше 2200 кН.

В последние годы наметился определенный прогресс в создании техники для селективной разработки сложноструктурных месторождений угля, сланца и других полезных ископаемых, залегающих в виде пластов (рис. 26).

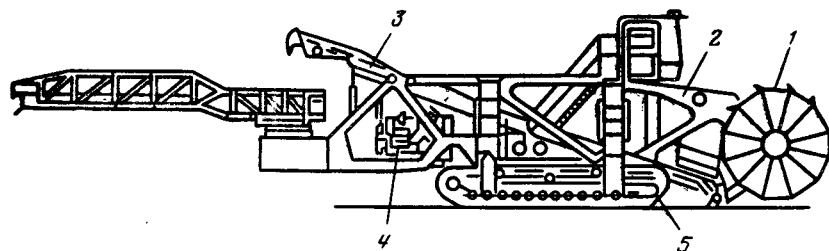


Рис. 26. Комбайн для открытых работ фирмы «Крупп» (ФРГ): 1 — роторное колесо; 2 — каркас машины; 3 — путь транспортирования; 4 — привод; 5 — ходовой механизм

Фирма «Виртген» выпускает комбайны фрезерного типа для открытых работ, которые уже работают в США, Мексике, Югославии, Индии и других странах.

Фрезерный комбайн 3800 SM представляет собой машину, включающую в себя раму, в нижней центральной части которой перпендикулярно продольной оси расположен режуще-фрезерный шнековый барабан (в последних конструкциях он вынесен в торец машины); гусеничный ходовой механизм, приемный и разгрузочный конвейеры, дизельную энергоустановку, комплект электрогидромеханических приводов рабочего органа, конвейер-

ра и гусениц; блок вспомогательных энергоузлов и датчики породы—уголь. Фреза выполнена в виде сдвоенного по длине шнека со встречным направлением навивки витков, торцы которых снабжены съемными и регулируемыми по вылету и шагу расстановки резцами. В машине сочетается принцип скреперования с принципом фрезерования. Изменением параметров расстановки резцов на фрезе регулируется состав отбиваемой массы по крупности (максимальный размер куска 300 мм).

Комбайном можно производить селективную разработку пластов любой мощности при движении машины по линии падения до 15° и вкрест падения — до 7°. Отбитая горная масса перегружается в автосамосвалы грузоподъемностью до 105 т или на ленточные конвейеры.

Техническая характеристика комбайна 3800SM

Производительность при глубине фрезерования 0,6 м, скорости фрезерования — 10 м/мин, т/ч (т/смену)	2000(8000)
Параметры разгрузочного конвейера:	
длина, м	14
высота разгрузки, м	8
угол поворота, град.	210
Скорость движения:	
при фрезеровании, м/мин	0—25
транспортная, км/ч	0—4
Дизельный двигатель энергопитания, кВт	895
Параметры фрезы:	
диаметр, мм	1600
длина, мм	3800
число резцов	136
шаг установки резцов, мм	30
глубина фрезерования, мм	0—600
точность фрезерования, мм	±10
Габаритные размеры, мм:	
длина	29 000
ширина	4000
высота	8000
Масса, кг	100

По данным фирмы «Виртген» в разрезах с годовой мощностью до 10 млн т наиболее эффективна селективная разработка с использованием фрезерных комбайнов для открытых работ. На разрезах большей мощности целесообразно применение фрезерных комбайнов как средства снижения общей средней зольности добываемого угля (разрез «Гатско» в Югославии).

Фирмой «Оренштайн унд Коппель» создана передвижная дробильная установка ударного действия на гусеничном ходу производительностью 800 т/ч и массой 135 т. Уголь со значительными включениями древесины и кусками крупностью 2000 мм измельчается до крупности 0—200 мм. Возможно применение дробилки при тяжелых условиях почвы, продольном наклоне местности до 40% и поперечном — до 20%. Верхнее строение и поворотный конвейер могут переставляться независимо друг от друга, что обеспечивает приспособленность к не-

ровностям почвы. Аналогичная дробилка фирмы «Крупп» показана на рис. 27.



Рис. 27. Дробильная установка фирмы «Крупп»

Этой же фирмой разработана мощная передвижная дробильная установка производительностью не более 3900 т/ч. С 1985 г. эта установка работает на известняковом карьере «Фостер Йомен» (Великобритания). Дробилка высотой 22 м, длиной 57 м и массой 1050 т перемещается с помощью шагающего механизма. Ее внедрение позволило резко улучшить экономические показатели работы карьера.

Фирма «Демаг» (ФРГ) выпускает передвижные дробилки на гусеничном ходу производительностью 2500—5000 т/ч. Максимальный размер принимаемых кусков 1800 мм, после дробления 300 мм. Мощность дизельного или электрического привода 1100—1400 кВт, масса 380—700 т.

С увеличением глубины ведения работ на разрезах ФРГ ухудшаются условия разработки, в связи с этим коэффициент вскрыши возрастет до 5 м<sup>3</sup>/т, или почти в 2 раза против современного уровня. Ухудшение условий разработки ведет к увеличению мощности оборудования и степени концентрации работ.

**КНР.** В течение последних 25—30 лет в КНР открытому способу разработки уделялось значительно меньше внимания, чем подземному, главным образом из-за того, что большинство угольных месторождений, пригодных для разработки открытым способом (а их общие запасы превышают 200 млрд т), расположено вдали от промышленных центров страны.

В стране добывается открытым способом лишь 25—35 млн т угля. Наиболее крупный из действующих разрезов — разрез «Антайбао» № 1 годовой производственной мощностью 15 млн т рядового угля и сроком действия 30 лет. В дальнейшем намечено построить еще две очереди разреза «Антайбао» № 2 и 3, доведя таким образом годовую производственную мощность разреза до 45—50 млн т.

Вторым наиболее крупным из действующих разрезов является «Фушунь-Западный» на котором добываются 4,5 млн т угля и 12 млн т горючих сланцев в год. Длина разреза 6,6 км; ширина 2,2 км; средняя глубина 218 м. Разрабатывается пласт мощ-

ностью 80 м (от 46 до 120 м). В непосредственной кровле пласта залегает разрабатываемая толща горючих сланцев средней мощностью 83 м. Уголь вынимается экскаваторами типа механической лопаты с ковшем вместимостью 1,5 м<sup>3</sup> и выдается из разреза тремя скиповыми установками. Этот разрез — один из старых угледобывающих предприятий, эксплуатация которого была начата вскоре после первой мировой войны. В настоящее время ведутся работы по модернизации разреза, в частности, по замене оборудования на более современное и мощное. В модернизации разреза принимают участие фирмы США, ФРГ, Японии и Финляндии, которые должны поставить как основное, так и вспомогательное оборудование, в частности, ремонтное, дробилки и большегрузные автосамосвалы.

В 1984 г. был сдан в эксплуатацию разрез «Хаолинхэ-Южный» годовой производственной мощностью 3 млн т бурого угля. Горный отвод разреза 55 км<sup>2</sup>, достоверные запасы 2,59 млрд т. Строительство разреза началось в 1981 г. В течение трех лет было удалено 14,58 млн м<sup>3</sup> вскрыши и подготовлено к выемке 1,47 млн т угля. За это время в соответствии с проектом первой очереди на разрезе были смонтированы 97 единиц оборудования. Вскрышные работы и выемка угля будут осуществляться четырьмя роторными экскаваторами, добытый уголь и вскрыша будут подаваться соответственно на железнодорожную станцию и в отвалы. От железнодорожной станции уголь в составах будет направляться на электростанцию Цзиньчжоу, которая является основным потребителем угля этого разреза. Всего до 2000 г. на этом месторождении с суммарными достоверными запасами 12,9 млрд т угля планируется построить пять крупных разрезов общей производственной мощностью 50 млн т.

К 2000 г. в КНР намечено резко увеличить добычу угля открытым способом и довести ее только на новых строящихся разрезах до 200 млн т. На новых разрезах, как правило, будет применяться техника цикличного действия (экскаваторы с ковшами большой вместимости и большегрузные грузовики-самосвалы). Лишь на разрезах со слабыми вскрышными породами и относительно мягким углем намечено применять роторные экскаваторы совместно с ленточными конвейерами и отвалообработателями.

По мнению китайских специалистов, КНР в состоянии обеспечить себя только буровыми станками<sup>1</sup>, поэтому для развития открытого способа добычи необходимо решить проблему за-

<sup>1</sup> Буровая установка тяжелого типа VZ-55 конструкции Аньшаньского научно-исследовательского горного института предназначена для бурения скважин диаметром 310 и 380 мм со скоростью до 2 м/мин. Буровая установка VZ-35 на гусеничном ходу с электрическим приводом и воздушным бортовым компрессором, производительностью 28 м<sup>3</sup>/мин и давлением 0,274 МПа, массой 85 т рассчитана для бурения вертикальных скважин диаметром 170—270 мм.

купки необходимого оборудования за рубежом. Китай заключил ряд контрактов с зарубежными странами на поставку такого оборудования, кроме того, подписал соглашения с США и ФРГ о помощи в развитии добычи угля открытым способом. Однако этого недостаточно для выполнения намеченных КНР планов развития добычи угля этим способом.

**Греция.** Бурый уголь для Греции является практически единственным (не считая торфа) имеющимся в наличии видом первичных энергоносителей. Добыча его ведется преимущественно открытым способом. Большая часть запасов бурого угля (всего 3,6 млрд т) сосредоточена в районе Птолемаиса. Добываемый здесь уголь характеризуется низкой теплотой сгорания — 4000 кДж/кг и используется в основном для сжигания на электростанциях.

В работе на шести разрезах используются в основном роторные экскаваторы, конвейерные линии, отвалообразователи производства ФРГ, в том числе отвалообразователи типа MAN производительностью 11 тыс. м<sup>3</sup>/ч (15 200 т/ч). Общая производительность шести отвалообразователей MAN достигает 90 тыс. т/ч. Средняя плотность вскрыши — 2 т/м<sup>3</sup> в массиве и 1,4 т/м<sup>3</sup> в разрыхленном состоянии. Агрегаты эксплуатируются в тяжелых условиях: породы вскрыши склонны к налипанию на ленты конвейеров, колебания температуры воздуха от +41 до —31°С. Трудности создают включения твердых пород (песчаники, конгломераты и известняки) на протяжении верхних 60 м толщин вскрышных пород мощностью 90 м, представленной, кроме того, глинами, гравием и песком. Для выемки твердых пород иногда применяют дополнительно одноковшовые экскаваторы в сочетании с дробилками и ленточными перегружателями.

**Великобритания.** Согласно имеющимся разработкам, в Великобритании открытым способом в перспективе будет добываться только каменный уголь. Глубина ведения горных работ достигнет к началу следующего столетия 220 м (в настоящее время в среднем 40 м), а коэффициент вскрыши — 15—20 м<sup>3</sup>/т.

В 1989 г. добыча угля велась в 56 (в 1980 г. — в 60) разрезах годовой производительностью 214 тыс. т товарного угля, что ниже уровня 1980 г. (488 тыс. т) более чем в 2 раза. Однако в силу природных условий (изолированные участки с наибольшими запасами) разработка будет продолжаться значительным числом маломощных разрезов.

Запасы участков открытых работ колеблются от 35 тыс. т (срок отработки один год) до 12,8 млн т (на 10—11 лет работы). Разрезы в основном расположены в равнинной или слегка холмистой местности. Площадь поля разреза составляет в среднем 183 га. Уклон разрезной траншеи, соответствующий углу падения пласта, не превышает 6°.

Поверхность отвалов, сложенных песком, гравием и глиной, чаще всего засевают травой, несмотря на небольшой срок их существования.

Средний коэффициент вскрыши 15,2 м<sup>3</sup>/т, вероятно, является пределом экономичности открытой разработки при использовании имеющегося оборудования. Тем не менее разработка тонких пластов считается экономичной благодаря наличию современного оборудования и высокому качеству добываемого угля.

Глубина разрезов изменяется от 8 до 220 м. Обычно разрабатываются одновременно от трех до 20 пластов, мощность некоторых из них всего 10—15 см. Эксплуатационные потери составляют 5—12%, чему способствует применение гидравлических экскаваторов типа прямой и обратной лопаты. При разработке одиночных пластов работы ведутся по бестранспортной системе с использованием драглайнов, которые устанавливаются на кровле вскрышного уступа; отрабатывают уступ параллельными заходками.

При большой глубине разработки верхние слои вскрыши вынимаются уступами высотой 10—12 м экскаваторами типа механической лопаты и автосамосвалами до отметки, где эффективно можно работать драглайном.

Широкое применение на разрезах Великобритании находят современные виды горного и транспортного оборудования, включая экскаваторы типа механической лопаты, шагающие драглайны и автосамосвалы различных фирм. Здесь впервые были опробованы крупнейшие гидравлические экскаваторы фирм «Орештайн унд Коппель» РН300 с ковшем вместимостью до 30 м<sup>3</sup> и «Демаг» Н485 с ковшем вместимостью до 32 м<sup>3</sup>.

При производстве вскрышных работ по бестранспортной системе на разрезах Великобритании применяются шагающие драглайны фирмы «Рэнсомз энд Рэйпир» с ковшами вместимостью 9,8—20,0 м<sup>3</sup> и 19,9—29,8 м<sup>3</sup> семи основных типоразмеров (табл. 40).

Таблица 40

Технические характеристики шагающих драглайнов  
фирмы «Рэнсомз энд Рэйпир» (Великобритания)

Типоразмер экскаватора	Длина стрелы, м	Вместимость ковша, м <sup>3</sup>	Радиус действия, м	Высота разгрузки, м	Средняя величина давления на грунт, кг/см <sup>2</sup>
W700	43,0—57,8	7,6—13,0	37,0—54,5	12,0—29,2	0,91
W800	54,9	15,3	50,0	25,3	0,75
W1000	58—88	10—20	51,6—83,4	17,8—47,0	0,92
W1300	61,3	26,8	55,5	27,8	0,9
	91,4	17,5	84,4	38,1	—
W1700	80,0	30,1	66,7	41,6	0,9
	90,0	19,7	83,3	35,2	—
W2000	74,6—95,6	26,0—34,4	64—88	25,5—48,1	0,95
W3000	90,5—105,5	42,8—54,5	81—101	32,2—52,1	0,98

На вскрышных работах применяются гидравлические экскаваторы с ковшом вместимостью 22 м<sup>3</sup>, на добычных работах — 3,2 м<sup>3</sup>.

Драглайны W700 и W1000 являются «модульными» и предназначены для работы на вскрыше и рекультивации, имеют небольшой срок монтажа-демонтажа, сравнительно легко транспортируются. Главный привод модели W700 дизельный или электрический с кабельным питанием. Узлы машины имеют максимальную унификацию. Особой комфортностью отличаются кабина машиниста и помещения экипажа (звукоизоляция, кондиционирование и т. д.). Все модели оборудованы системой статического контроля и контроля минимальных потерь энергии.

Для конвейерного транспорта на угольных разрезах Великобритании во многих случаях используется оборудование фирмы «Даути Меко», выпускающей ленточные конвейеры с промежуточными приводами и изгибающиеся ленточные конвейеры.

Один из таких конвейеров длиной 1740 м эксплуатируется на карьере по добыче калийной соли. Высота подъема 284 м, производительность 1000 т/ч, ширина ленты 800 мм. Конвейер имеет семь промежуточных приводов мощностью 150 кВт каждый. Для конвейеров этой фирмы характерны благоприятный динамический режим работы облегченной конвейерной ленты, небольшая установленная мощность приводов, сравнительно большая длина, небольшая стоимость; приводы конвейеров сконструированы по модульному принципу.

Доля открытого способа в мировой добыче угля составляет 48%, в том числе доля Великобритании всего 15%. Ограничивают развитие открытой добычи наряду с финансовыми трудностями также и действующие в стране требования охраны окружающей среды, особенно касающиеся восстановления отработанных участков.

Канада. Предполагается, что к 2010 г. в Канаде открытым способом будет добываться примерно 80—90% всего угля. Коэффициент вскрыши будет составлять 15—20 м<sup>3</sup>/т. При соответствующих условиях преобладающей будет бестранспортная система с использованием драглайнов. В некоторых случаях работы ведутся по транспортной системе с применением экскаваторов типа механической лопаты с ковшом вместимостью 11, 19 и 23 м<sup>3</sup>.

Как правило, разрезы разрабатывают одновременно несколько пластов. Для разработки каменных углей в большинстве случаев применяют экскаваторы типа механической лопаты и большегрузные автосамосвалы. Бурые угли разрабатывают драглайнами с длинной стрелой (на одном из разрезов работает драглайн со стрелой длиной 121,9 м и ковшом вместимостью 69 м<sup>3</sup>). Считают, что при мощности вскрыши до 30 м могут применяться драглайны в обычном исполнении, а при мощности 30—46 м целесообразно использовать драглайны с удлинен-

ной стрелой или в обычном исполнении, работающие по системе тандема.

Обычно верхний покров вскрыши удаляется скреперами, фронтальными погрузчиками или гидравлическими экскаваторами. Крепкие вскрышные породы предварительно подвергаются рыхлению взрывом. На разрезах небольшой и средней мощности рекомендуется использование нескольких компактных гидравлических экскаваторов производительностью 300—1500 м<sup>3</sup>/ч (в массиве).

Грузоподъемность автосамосвала 154 т, хотя применяют также и машины грузоподъемностью 90, 110 и 180 т (в единичных случаях и больше). Уголь грузят с помощью гидравлических экскаваторов и фронтальных погрузчиков, предварительно подвергая его рыхлению.

На большинстве разрезов Канады высота уступа равна 12—15 м, а угол откоса 45° и больше.

Развитию техники и технологии открытых работ в Канаде, где на долю открытого способа приходится подавляющая часть добычи угля, уделяется большое внимание. При Угольной научно-исследовательской лаборатории Канадского научного центра горной промышленности и энергетики действует секция новых технологий, которая разработала Программу научных исследований, охватывающую четыре основных направления:

- совершенствование существующих технологий разработки угольных месторождений открытым способом;
- разработка новых технологий и оборудования, основанных на использовании микропроцессорной техники;
- поиск путей решения существующих экономических и производственных проблем открытой разработки;
- проблемы передачи технологий сторонним организациям.

Сложной задачей для секции новых технологий явилась разработка критериев выбора оборудования нового поколения, наиболее соответствующего условиям применения на угольных пластах, имеющих породные пропластки, на расщепленных пластах, т. е. в тех случаях, когда необходима селективная выемка.

К такому оборудованию относятся комбайны для открытых работ, созданные фирмой «Бюсайрус-Эри» (тип «Изи Майнер») и германской фирмой «Виртген» (модель 3012 SM, прошедшая испытания на разрезе «Лускар-Бьенфэ»).

Австралия. Значительное развитие добычи угля открытым способом предполагается в Австралии, в частности, на каменно-угольных месторождениях штата Квинсленд (запасы 5000 млн т, 60% из которых — угли для коксования). Условия залегания пластов угля благоприятны для развития открытого способа добычи (почти 90% запасов залегают на глубине около 60 м). В начале 90-х гг. 75% угля в стране добывается открытым способом на разрезах, 50% которых имеют годовую мощность 3 млн т товарного угля и более.

К 2010 г. доля добычи угля открытым способом увеличится до 80% и составит 150—160 млн т товарного угля в год.

В Австралии на каменноугольных разрезах применяется бестранспортная система разработки с использованием мощных драглайнов и доставкой угля автотранспортом, на буровых — транспортная система с применением роторных экскаваторов и средств конвейерного и железнодорожного транспорта.

Горные работы ведутся на глубинах от 30 до 100 м. В будущем средняя глубина разработки увеличится до 150 м, а коэффициент вскрыши — до 9 м<sup>3</sup>/т.

Ведутся работы по изучению возможности эффективного применения на вскрышных работах следующих комбинаций оборудования: роторный экскаватор — конвейерный транспорт вдоль фронта работ, механические лопаты или погрузочные машины в комплексе с передвижными дробильными установками и конвейерным транспортом вдоль фронта работ; драглайн в сочетании с дробилкой, конвейерным транспортом вдоль или поперек фронта работ и отвалообразователи.

В Австралии довольно широко развита одновременная разработка месторождений открытым и подземным способами.

Угледобывающее предприятие «Джермен Крик» (штат Квинсленд) разрабатывает месторождение угля для коксования открытым и подземным способами. Годовая добыча составляет 3,25 млн т товарного угля. По расчетам, в 1990 г. производственная мощность предприятия достигнет 4 млн т. Разработку осуществляет консорциум австралийских и европейских компаний («Шелл оф Оустрелиа», «Сюперэньюэйшн Фанд Инвестмент Трест», «Нейншил Мючуел Лайф», «Бритиш коул энд Комерсиал Юрион Эшуранс» и «Рурколе Оустрелиа»). Консорциум образовал две компании — «Каприкорн коул Менеджмент» («Капкорн»), занимающуюся добычей угля, и «Джермен Крик коул», отвечающую за сбыт продукции.

Бассейн Боуэн, в центре которого ведутся разработки предприятием «Джермен Крик», занимает площадь 75 000 км<sup>2</sup>, угли пермского возраста, достоверные запасы бассейна превышают 20 млрд т; значительную часть запасов составляют угли для коксования.

В 1977 г. началась детальная разведка участка Джермен Крик, проект освоения месторождения был завершен в 1979 г., открытые работы начались в июле 1981 г., а подземные — в январе 1984 г.

Горный отвод с пластами высококачественного угля для коксования (свита Джермен Крик) разведан детально. Пробурено более 6000 скважин общей длиной 200 тыс. м. Напластование характеризуется генеральным падением на восток под углом 3—10°, а линия простирания направлена либо на северо-восток, либо на северо-запад. Общая мощность свиты — около 150 м,

между пластами залегают преимущественно песчаники. На некоторых участках ряд пластов, в частности Тьерн, раздвигается. Средняя мощность трех основных пластов следующая: 2,5; 2,2 и 1,7 м.

Геологические запасы в этом горном отводе превышают 1 млрд т и распределяются следующим образом: пригодные для разработки открытым способом с коэффициентом вскрыши не более 30:1 — 50,9 млн т, с высотой уступа не более 60 м — 82,2 млн т, остальные (доступные лишь для разработки подземным способом) мощностью 1,8—3,0 м до глубины 350 м — по современным оценкам 1127,2 млн т.

Удаление вскрыши на разрезе ведется шагающим драглайном «Марион» 8050-38 с электроприводом. Вскрыша отрабатывается таким образом, чтобы окончательная высота уступа не превышала 60 м или чтобы коэффициент вскрыши был не более 30 м<sup>3</sup>/т. Вскрыша снимается полосами шириной 45—80 м. Разработка вскрыши ведется последовательными заходками до глубины 60 м там, где это оправдывается экономически. Запасы, залегающие на большей глубине, оставляются для разработки подземным способом или, если это рентабельно, вскрыша удаляется двумя уступами. В большинстве случаев на разрезе разрабатывается один пласт с предотвалами, хотя и удаляется порода междупластья для вскрытия нижележащих пластов. Каждый драглайн работает 24 ч в сутки. Плановый годовой объем работ на один драглайн более 11 млн м<sup>3</sup> вскрыши в массиве (около 1600 м<sup>3</sup> за час фактической работы).

Породы вскрыши бурируют бурильными станками «Марион» М4, в качестве ВВ используют смесь АСДТ, водонаполненные ВВ или ВВ эмульсионного типа. Диаметр взрывных скважин 275 мм, глубина — 10—60 м по сетке с треугольными ячейками 9×9 или 11×11 м. Скорость бурения 30—80 м/ч. Бурение ведется в течение 2,3 смены в сутки пять дней в неделю. Удельный расход ВВ 0,25—0,40 кг/м<sup>3</sup>; средняя масса заряда в скважине 100—150 кг.

Взорванная порода до начала работы драглайна зачищается бульдозерами. Глубина черпания драглайна 52 м, высота отсыпки 48 м, средняя продолжительность цикла поворота 50—65 с.

Вскрытый угольный пласт зачищается бульдозерами и подготавливается скреперами для погрузки. Уголь грузят в автосамосвалы фронтальными погрузчиками или гидравлическими экскаваторами. При первом методе фронтальные погрузчики «Дарт» 600 С зачерпывают уголь (без предварительного рыхления с помощью взрыва) и грузят его (из забоя полной ширины) в автосамосвалы «Терекс». Этот способ пригоден для пластов мощностью более 1 м, залегающих под углом менее 6°. При втором методе гидравлический экскаватор «Либхерр» R991, оборудованный обратной лопатой, работает с кровли



пласта и производит погрузку угля, вынимая полосу по простиранию, в автосамосвалы «Терекс»,двигающиеся по почве пласта по ранее отработанной полосе. Этот способ используется при добыче из мощных пластов с углом падения свыше 6°. Уголь доставляется автосамосвалами на промышленную площадку разреза.

На разрезе ведется рекультивация отработанных участков. До начала вскрышных работ снимается и отдельно складировается плодородный слой почвы. По мере отработки отвалы выравниваются и на их поверхность наносится плодородный слой, на котором через несколько лет появляются травы и кустарник. Контролируется и состояние подземных вод, причем особое внимание уделяется улавливанию сточных вод обогатительной фабрики.

Характеристика угля, отгружаемого предприятием «Джермен Крик», следующая: общая влажность максимальная — 10%, выход летучих (на воздушно-сухую массу) — 20—22%, зольность (на воздушно-сухую массу) максимальная — 8% (допустимо отклонение на 0,5%); содержание серы (на воздушно-сухую массу) максимальное — 0,8% (допустимо отклонение на 0,05%), крупность 0—50 мм.

Обогащенный уголь поступает по конвейеру на склад. Предусмотрен автоматический отбор проб угля в потоке. Вместимость склада обогащенного угля 500 тыс. т. Уголь размещается в штабель поворотным консольным штабелеукладчиком. Со склада уголь выгружается бульдозерами в два подземных бункера, откуда уголь может разгружаться со скоростью 3000 т/ч. Уголь грузится в маршрутные поезда из 120 вагонов. Грузоподъемность поезда 6600 т. Четыре локомотива доставляют поезд на расстояние 273 км до порта Хэй Пойнт.

Обогатительная фабрика (1200 т/ч) работает пять дней в неделю. В настоящее время она должна обеспечивать обогащение 3,25 млн т товарного угля в год. На фабрике действует отделение дробления и смешивания рядового угля, имеются тяжелосредние циклоны, спиральные операторы, флотоустановки, отгрузочная установка.

Система смешивания обеспечивает подачу на фабрику однородного питания на протяжении 24 ч в сутки. Рядовой уголь, доставленный в автосамосвалах грузоподъемностью 145 т, поступает в бункер вместимостью 450 т. Уголь проходит две стадии дробления — до 250 и 50 мм. После грохочения уголь крупностью менее 50 мм поступает на три усреднительных склада вместимостью 20—25 тыс. т. Разгрузочное устройство мостового типа обеспечивает выдачу со склада до 1500 т/ч.

Рядовой уголь, поступающий на фабрику, распределяется на три потока, обрабатываемых в трех различных отделениях:

крупный уголь (1—50 мм) обогащается в тяжелосредних циклонах;

уголь средней крупности (0,25—1,00 мм) обогащается в спиральных концентраторах;

мелкий уголь (0—0,25 мм) обогащается во флотокамерах.

В системе управления используются микропроцессоры. Результаты отражаются на дисплеях и выводятся на печатающее устройство, имеется центральный пульт управления.

В штате Квинсленд строится разрез «Клермонт», который намечено ввести в строй в середине 90-х гг.

По завершении первого этапа строительства годовая добыча угля на разрезе составит 6,6 млн т. После сооружения второй очереди разреза она должна увеличиться на 3,4 млн т и достигнуть в целом 10 млн т.

Новый разрез строится в районе угольного месторождения Уолфенг, залегающего на участке пермских осадочных пород длиной около 5 км и шириной примерно 1,5 км. Месторождение включает три угольных пласта Гоури, Проспект и Уолфенг, представленные высококачественным энергетическим углем. Разведанные запасы месторождения составляют 263 млн т, около 87% которых приходится на угольный пласт Уолфенг. Большая мощность этого пласта, достигающая на отдельных участках более 50 м, особенности структуры пласта и качество угля диктовали выбор открытого способа добычи.

Максимальная мощность толщи покрывающих пород 76 м, минимальная — 38 м. Средняя мощность пласта 30 м; на участке месторождения (запасы 100 млн т), подлежащем отработке в первую очередь, мощность пласта составляет 38 м.

Характеристика угля в пересчете на сухую массу: влажность — 5%, зольность — 9,5%, содержание летучих — 27,5%, содержание связанного углерода — 58%, общее содержание серы — 0,4%, теплота сгорания — 27 200 Дж/кг.

На вскрышных и выемочно-погрузочных работах на разрезе «Клермонт» будут использоваться экскаваторы типа механической лопаты в комплексе с самоходными дробилками и передвижными конвейерами, так же как и на разрезе «Улан».

Для перемещения пород вскрыши, предварительно ослабленных с помощью взрывных работ, на разрезе будут применяться мощные экскаваторы типа механической лопаты с ковшами вместимостью 27—30 м³. Породы будут разгружаться непосредственно в самоходные дробилки, а затем поступать на конвейер, который доставит их к внешнему отвалу. По завершении отработки значительной части разреза породы вскрыши будут возвращены на разрез и использованы при восстановлении поверхности.

Выемочно-погрузочные работы на разрезе предполагается вести аналогично вскрышным. Рядовой уголь будет направляться к установке вторичного дробления, для уменьшения его максимальной крупности до 50 мм. Поскольку уголь разреза «Клермонт» имеет небольшую зольность, большая часть добычи

не потребует обогащения. После дробления рядовой уголь будет направляться к месту складирования. Планируемая вместимость штабелей 1 млн т. Из штабелей уголь будет отгружаться роторными экскаваторами и конвейерами доставляться к бункеру для загрузки в железнодорожные вагоны.

На предприятиях «Клермонт» будет вестись постоянный контроль качества угля с использованием системы управления и контроля. Регулярное взятие проб в наиболее важных пунктах технологической цепи и их анализ, а также контроль за смешиванием различных сортов угля в процессе отгрузки из штабелей позволят получить однородный по качеству продукт, отвечающий требованиям потребителя. На разрезе предусмотрена обогательная установка производительностью 300 т/ч.

В 1988 г. в Австралии прошли первые промышленные испытания комбайна для открытых работ типа 3000 SM фирмы «Виртген» (ФРГ) на разрезе «Уэстерн» № 3. Уголь не требует ни обогащения, ни иной подготовки, кроме дробления. Годовой объем вскрышных работ 6,3 млн м<sup>3</sup>, добыча 700 тыс. т угля. Основной проблемой является относительно малая мощность пластов угля.

Добыча угля ведется буровзрывным способом с применением фронтальных погрузчиков, грузящих уголь в автосамосвалы, доставляющие его на дробильную установку. Недостатком такой технологии является ухудшение качества угля, если взрывные работы затрагивают почву соседнего пласта. Кроме того, затруднительно обеспечить полное извлечение угля из пласта.

Работа комбайна 3000 SM показала возможность увеличения коэффициента извлечения угля: принцип фрезерного резания позволяет вести выемку максимально близко к почве пластов. Комбайном добыто 40 тыс. т угля и удалено 5 тыс. м<sup>3</sup> вскрыши. Производительность комбайна может достигать 10 т/мин. В Австралии, как и в других странах с большим объемом добычи угля открытым способом, проводятся работы по накоплению опыта массовых направленных взрывов пород вскрыши.

Разрез «Рэйвенсуэрт» № 2 компании «Костайн коул» введен в эксплуатацию в 1971 г. Уголь, добываемый в количестве 3,9 млн т/год, поступает на две теплоэлектростанции.

На разрезе был проведен крупный массовый взрыв в целях удаления последнего участка вскрыши, в результате чего было подготовлено к экскавации 1,6 млн м<sup>3</sup> пород. Взрыв производился на глубину 24—33 м на участке длиной 850 м и шириной 70 м. Для бурения 425 взрывных скважин диаметром 260 и 310 мм применялись две буровые установки.

Для производства массового взрыва было использовано 420 т насыпных ВВ, в том числе желатинированные и шламообразные ВВ и ВВ, представляющие собой АСДТ. Как прави-

ло, в каждую скважину помещали рассредоточенный заряд массой 180 кг АСДТ, ниже которого размещался основной заряд — желатинированное ВВ в количестве 860 кг; кроме того, в скважине располагали детонаторы с 200-миллисекундным замедлением. Верхняя часть каждой скважины на глубину 5 м заполнялась забойкой. Всего было использовано 18,8 км детонирующего шнура. Для подсоединения 55 рядов скважин использовались электродетонаторы с 42-миллисекундным замедлением. Общая продолжительность массового взрыва достигла 3 с.

На разрезе было применено оборудование для контроля уровня шума и вибрации на прилегающих к разрезу участках.

По плану для экскавации драглайном предварительно разрыхленных пород вскрыши потребуется 7 недель. Затем будут произведены взрывные работы для удаления оставшейся толщи вскрыши, что позволит закончить вскрытие участка месторождения, запасы которого исчисляются примерно в 1 млн т.

Прогрессивные технологии предусматривают применение конвейеров, установленных вдоль отвалов; крутонаклонных конвейеров, работающих вверх по откосу уступа: комбинированных самосвалов-троллейбусов, трубопроводного транспорта.

**Индия.** В стране каменный и бурый уголь добывается в основном открытым способом. В 2010 г. ожидается, что здесь будет добываться примерно 48% всего угля, добываемого развивающимися странами. Доля открытого способа добычи угля в этот период составит 76% общей добычи, в том числе бурого угля — 100%, каменного — 48%.

Программой обеспечения страны топливом предусмотрено строительство крупных разрезов с годовой добычей 10—14 млн т и объемом вскрыши 42—54 млн м<sup>3</sup>. Коэффициент вскрыши, проектная величина которого для новых разрезов составляет 1,5—2,0 м<sup>3</sup>/т, увеличится до 4—5 м<sup>3</sup>/т, а глубина работ — с 50 до 450 м. Для обеспечения добычи высококачественного угля проектируются разрезы с коэффициентом вскрыши 4,5—7,0 м<sup>3</sup>/т при глубине разработки 200 м. На разрезах применяются главным образом одноковшовые экскаваторы, на некоторых — роторные экскаваторы в комплексе с конвейерным транспортом.

Первая в Индии циклично-поточная технологическая схема применена на разрезе «Джевара» годовой мощностью 10 млн т угля.

**Болгария.** В эксплуатации находится 7 буроугольных разрезов, на долю которых приходится 85—87% всего угля (теплота сгорания угля 6489 кДж/кг), добываемого в стране. Коэффициент вскрыши 4,7 м<sup>3</sup>/т. Примерно 54—56% угля добывается роторными экскаваторами, 24—26% — многоковшовыми цепными экскаваторами и 20—22% — одноковшовыми машинами. Средняя мощность пластов составляет около 16 м.

Более 53% пород вскрыши перемещается средствами непрерывного транспорта, 40% — железнодорожным транспортом и 5,2% — автотранспортом. Объем применения бестранспортной схемы не превышает 2%.

Добыча угля открытым способом сосредоточена преимущественно на разрезах горно-энергетического комбината «Марица-восток», включающего крупнейшие в стране разрезы «Трояново-юг» (19,5 млн т угля и 77 млн м<sup>3</sup> вскрыши за год) и «Трояново-север» (8,4 млн т угля и 52 млн м<sup>3</sup> пород вскрыши).

**Польша.** Открытым способом добывается исключительно бурый уголь (лигнит), пригодный для энергетических целей (95% его используется на электростанциях). Целесообразными для разработки открытым способом считаются месторождения угля с теплотой сгорания 6780 кДж/кг и линейным коэффициентом вскрыши до 12 м/м, что соответствует залеганию пластов на глубине не более 300 м и их мощности до 55 м.

Общие запасы бурого угля в Польше оцениваются в 20 млрд т, в том числе 12 млрд т сосредоточено в 40 основных месторождениях и около 3 млрд т — в уже разрабатываемых месторождениях.

В толще вскрыши преобладают связные породы. Приток воды составляет 250 м<sup>3</sup>/мин. Теплота сгорания бурого угля при средней влажности 50% и зольности 10% изменяется от 6700 до 9900 кДж/кг.

Условия разработки на месторождениях бурого угля сложные в силу того, что они многопластовые, нарушены гляциотектоническими процессами, залегают на большой глубине и сильно обводнены.

Развитие техники и технологии открытого способа добычи угля заключалось в полном исключении циклических рабочих процессов, в концентрации добычи, повышении производительности основного и вспомогательного оборудования.

Удаление пород вскрыши и выемка угля производятся исключительно роторными и цепными экскаваторами, в основном на гусеничном ходу, производительностью до 25 млн м<sup>3</sup>/год или до 100 тыс. м<sup>3</sup>/сут, работающими в комплексе с ленточными отвалообразователями. Для транспортирования пород вскрыши и угля используют конвейерный транспорт. Ленточные конвейеры оборудованы лентами (50% резинотросовых) шириной до 2250 мм. Производительность конвейеров доходит до 12,5 тыс. м<sup>3</sup>/ч. Мощность привода 4×1000 кВт.

В Польше фирма «Фамаго-Эгожедец» выпускает роторные экскаваторы KWK-1400 производительностью 400 м<sup>3</sup>/ч. С 1985 г. в эксплуатации находится роторный экскаватор KWK-1500S производительностью 4100 м<sup>3</sup>/ч — первая машина с разгрузочным мостом.

Ведутся работы по созданию роторного экскаватора KWK-2000 (табл. 41).

Таблица 41

Технические характеристики экскаваторов  
KWK1500S и KWK2000

Показатели	KWK 1500 S	KWK 2000
Теоретическая производительность в рыхлой массе, м <sup>3</sup> /ч	4100	6300
Вместимость ковша, м <sup>3</sup>	1,5	1,8
Число ковшей	12	14
Мощность привода ротора, кВт	630	630×2
Усилие копания, кН/м	100	90
Высота черпания, м	24	28
Радиус черпания, м	38	38
Ширина ленты конвейера, мм	1800	2000
Скорость движения ленты конвейера, м/с	4,2	4,3
Радиус разгрузки, м	53±10	99±13
Подводимое напряжение, кВ	6	30
Установленная мощность, кВт	3100	5300
Масса экскаватора, т	2450	3450

В Польше создан компактный роторный экскаватор KWK315.

Техническая характеристика экскаватора KWK315

Теоретическая производительность в рыхлой массе, м <sup>3</sup> /ч	1000
Вместимость ковша, м <sup>3</sup>	0,3
Диаметр ротора, м	6
Число ковшей/ссыпок	10 шт./56 мин <sup>-1</sup>
Высота/глубина черпания, м	11/0,5
Радиус черпания разгрузки, м	11,5/20
Номинальное/максимальное усилие копания, кН	70/140
Номинальное/максимальное линейное сопротивление копанию, кН/м	60/100
Ширина ленты конвейера	1200
Скорость движения ленты конвейера, м/с	3,1
Скорость перемещения, м/мин	6
Минимальный радиус поворота, м	3,2
Максимально допустимый продольный/поперечный наклон участка:	
при работе	1:20/ 1:250
при переездах	1:10/1:20
Поддаваемое напряжение, кВ	6
Максимальная длина кабеля, наматываемого на барабан, м	300
Полная масса экскаватора, т	239

Первые экскаваторы этого типа были предназначены для разработки вскрыши и глинистого сырья в карьерах Ярошевских предприятий огнеупорных материалов.

В институте «Полтегор» спроектирована модификация этой машины KWK 500/315, которая имеет 8 ковшей вместимостью

0,5 м³. Этот экскаватор предназначен для работы на открытых складах сыпучих материалов. Первая машина была передана в эксплуатацию в 1987 г. на склад по переброске камня и прослоек размерами до 300 мм, полученных при подземной выемке, а также отходов с моек, доставляемых железнодорожными само-выгружающимися вагонами.

В экскаваторах KWK315 и KWK500/315 применены редукторы: цилиндрический, одноступенчатый PW 9/355, горизонтальный, приспособленный для вращения ротора посредством четырех гидравлических двигателей SOK 1000; планетарный, двухступенчатый RP31,5/74, вертикальный с дисковым тормозом, предназначенный для приводов поворота верхней платформы и загрузочной стрелы гидравлическим двигателем SOK250; червячно-планетарный, трехступенчатый RSP630/250; горизонтальный, предназначенный для вращения гусениц с помощью асинхронного электродвигателя с фазным ротором.

На разрезах работают отвалообразователи ЗГ-8000 производительностью 8000 м³/ч, с радиусом отвалообразования 101,3 м и высотой отвалообразования 16,5 м. Ведутся работы по созданию отвалообразователя ЗГ-16 000 (производительность 16 000 м³/ч, радиус отвалообразования 100 м, высота отвалообразования 30 м).

Добыча бурого угля на разрезах Польши будет постоянно увеличиваться. Так, за 1980—1995 гг. она возрастет с 36,9 до 80 млн т, а объем вскрышных работ — со 165,5 до 319 млн м³ при росте коэффициента вскрыши от 3,8 до 4 м³/т. Число разрезов практически останется без изменения — 9—10. Крупнейший разрез «Белхатув» в 1995 г. достигнет мощности 65 млн т угля.

**ЧСФР.** За 1980—1989 гг. добыча угля открытым способом в стране увеличилась на 5,2% и в настоящее время составляет более 86 млн т, или 70% общей добычи угля. Добыча угля ведется на 7 разрезах со средней годовой мощностью 12 300 т. Средняя мощность разрабатываемых пластов 19,4 м. Коэффициент вскрыши 2,85 м³/т. Более 43% угля добывается роторными экскаваторами. Вскрыша по видам транспорта распределяется следующим образом: конвейерами — 80%, железнодорожным транспортом — 17%.

Развитие технологии на разрезах определяется созданием технологических комплексов, которые связывают ранее самостоятельные процессы добычи, транспортирования и отвалообразования. Среднегодовая мощность отдельных комплексов типа ТЦ достигает 12—15 млн м³. В ЧСФР развитие техники добычи угля открытым способом направлено на использование технологических комплексов с конвейерным транспортом, что дает возможность обосновать концепцию создания мощных разрезов. В стране выпускается целая гамма роторных экскаваторов типа К (табл. 42) на гусеничном ходу.

Таблица 42

Технические характеристики роторных экскаваторов, выпускаемых в ЧСФР

Показатели	К-250	KN-300	К-300В	К-800В	KV-300	KV-300	KV-800	К-1000	К-2000
Вместимость ковша, м³	0,25	0,30	0,30	0,63	0,30	0,30	0,80	2,10	1,30
Теоретическая производительность по рыхлой массе, м³/ч	900—1250	1250	1080—1250	1980—2500	1200—2250	1200—2250	4500—6000	10 000	5 500
Усилие черпания, Н/см²	74—51	12	—	—	133—67	133—67	111—91	56	—
Высота черпания, м	13,5	14,0	17,2	25,8	19,3	19,3	32,0	35,0	35,0
Глубина черпания, м	0,5	0,7	2,0	4,2	3,7	3,2	6,3	4,0	4,0
Выдвижение стрелы ротора, м	—	—	6,4	12,8	8,4	8,4	16,5	—	—
Максимальный радиус, м:									
черпания	20,2	21,7	22,4	37,0	23,5	29,5	56,4	81,5	63,0
разгрузки	25,0	28,0	20,7	35,0	36,3	36,3	81,5	126,0	100,0
Диаметр ротора, м	5,5	5,5	6,0	8,0	7,0	7,0	11,0	14,5	13,5
Мощность привода ротора, кВт	150	55	—	—	400	400	1600	1 600	500
Давление на грунт, Н/см²	11,5	10,0	11,2	10,5	10,0	11,8	11,5	11,0	—
Установленная мощность электродвигателей, кВт	460	320	640	—	—	2320	8290	10 000	—
Рабочая масса, т	300	275	600	1350	970	1050	3350	5 200	—

Роторный экскаватор К-2000 предназначен для разработки пород с усилием копания до 120 кН/м и коэффициентом неравномерности нагрузки не более 2 при теоретической производительности 5500 м³/ч в рыхлых породах или с усилием копания до 150 кН/м и коэффициентом неравномерности нагрузки не более 1,6. Экскаватор может работать с уклоном площадки 5,6% в продольном направлении при одновременном поперечном уклоне до 3,5%. Поворотное верхнее строение экскаватора может иметь результирующий уклон 6,6%. При переезде можно допускать уклон 5,8% с условием, что в направлении этого уклона расположены продольная ось экскаватора (включая поворотное верхнее строение) и продольная ось загрузочной стрелы с опорной тележкой. Экскаватор может разрабатывать: верхний уступ высотой 25 м с углом бокового откоса 45°, глубиной блока 10 м; верхний уступ высотой 35 м при более крутых откосах (максимальная высота центра ротора 32,7 м).

Загрузочное устройство обеспечивает загрузку без ограничения производительности на конвейерную линию, расположенную в плоскости передвижения экскаватора, максимум в 15 м над уровнем плоскости передвижения экскаватора.

Экскаватор К-2000 имеет гусеничный ход с неведвжимой роторной стрелой и телескопической загрузочной стрелой, оснащенной устройством для загрузки магистрального конвейерного транспорта. Экскаватор снабжен дробилкой, размещенной над центральной перегрузкой. Разработан проект экскаватора К-2500 производительностью 8000 м³/ч.

#### Техническая характеристика роторного экскаватора К-2500 (ЧСФР)

Теоретическая производительность, м³/ч	8000
Усилие черпания, кН/м	110
Коэффициент возможной перегрузки роторного органа	1,8
Мощность привода ротора, кВт	1576
Диаметр ротора, м	14
Число ковшей	15
Число ссыпок, мин⁻¹	57,3
Высота черпания, м	35
Глубина черпания, м	4
Угол поворота роторной (нагружающей) стрелы, град.	±105
Вылет разгрузочной стрелы от середины опорной тележки (минимальный/максимальный), м	16,25/ 21—25
Масса экскаватора, т	5900

Как и во всех странах, в ЧСФР получают развитие компактные роторные экскаваторы (табл. 43).

Производительность компактных роторных экскаваторов ЧСФР изменяется от 165 до 4200 м³/ч (в рыхлой массе).

Таблица 43

Технические характеристики компактных роторных экскаваторов ЧСФР

Показатели	К900		К650		К400		К140		К45		К160	
	тяж.	легк.	тяж.	спец.	легк.	тяж.	легк.	тяж.	легк.	тяж.	погр.	погр.
Теоретическая производительность, м³/ч	4200	3000	2000	1300	2000	1325	800	525	250	165	1000	1000
Эффективная производительность по рыхлой массе, м³/ч	2300	1650	1100	1000	1100	750	450	300	135	90	—	—
Напряжение питания, кВ	6	6	6	6	6	6	6	6	0,38	0,38	0,38	0,38
Рабочее напряжение, В	500	500	500	500	500	500	500	500	380	380	380	380
Установленная мощность, кВт, около	2300	1225	1225	—	870	—	385	—	110	—	230	230
Усилие черпания, кН/м	125	600	100	150	55	85	451	70	25	40	15	15
Мощность привода ротора, кВт	1000	400	400	—	264	264	110	110	30	30	—	—
Наклон при экскавации	1:20	1:20	1:20	»	1:20	1:20	1:20	1:20	1:20	1:20	1:25	1:25
Скорость передвижения, м/мин	9,0	9,5	9,5	—	10,0	10,0	15,0	15,0	15,0	15,0	6,0	6,0
Вместимость ковша, л	900	650	650	—	400	400	140	140	45	45	160	160
Диаметр колеса, м	11,0	8,6	8,6	—	7,3	7,3	4,7	4,7	3,1	3,1	5,0	5,0
Число ковшей	12	10	10	—	10	10	9	9	8	8	9	9

Показатели	К 900		К 650		К 400		К 140		К 45		К 160	
	тяж.	легк.	тяж.	спец.	легк.	тяж.	легк.	тяж.	легк.	тяж.	погр.	погр.
Частота вращения ротора, мин <sup>-1</sup>	5,1	6,0	4,0	—	6,7	4,47	3,33	5,55	9,5	6,33	—	—
Высота верхнего черпания, м	19	15	15	—	12	—	7,8	—	5,4	—	11	—
Глубина черпания, м	0,70	0,60	0,60	—	0,45	0,45	0,30	0,30	0,25	0,25	0,75	—
Наклон при передвижении	1:10	1:10	1:10	—	1:10	1:10	1:10	1:10	1:10	1:10	1:10	—
Вылет разгрузочной стрелы, м	30	26	26	—	20	20	15	15	10	10	20	—
Высота разгрузки, м:												
максимальная	15,0	11,6	11,6	—	9,0	—	6,5	—	4,75	—	9,1	—
минимальная	5,0	3,4	3,4	—	2,8	»	2,2	»	1,65	»	2,2	—
Угол поворота роторной стрелы (±), град	360	360	360	—	360	360	360	360	360	360	360	—
Угол поворота разгрузочной стрелы по отношению к роторной стреле (±), град	90	95	95	—	90	90	90	90	90	90	90	—
Ширина конвейерной ленты, м	1,8	1,4	1,4	—	1,2	1,2	1,0	1,0	0,8	0,8	1,0	—
Скорость движения конвейерной ленты, м/с	4,00	4,40	4,40	—	4,40	4,00	3,15	3,15	2,50	2,50	3,15	—
Вылет ротора, м	19	16	16	—	3,15	—	8,65	—	5,9	—	13	—
Масса экскаватора, т	890	490	515	—	295	»	125	»	45	»	120	—

Конструкции экскаваторов разработаны на основании многолетнего опыта производства роторных и одноковшовых машин. Экскаваторы могут поставляться в трех исполнениях (по мощности) в зависимости от технологической схемы разработок и климатических условий для диапазонов рабочей температуры от +35°С до —25°С и от +40°С до —50°С (северный вариант).

Принята агрегатная компоновка узлов с применением плоскостей разъема для обеспечения удобного и быстрого их монтажа.

**Румыния.** Открытым способом в основном добывают уголь и лигнит. В 1995 г. добыча должна составить более 80% всего угля.

На выбор технологии и оборудования оказывают влияние следующие факторы:

пересеченный рельеф местности вместе с неоднородным развитием угольных пластов определяет величину коэффициента вскрыши: в равнинных районах — от 1,6 до 8,0 м<sup>3</sup>/т, а в холмистой местности — 30—40 м<sup>3</sup>/т;

сложное строение угленосной толщи;

низкие физико-механические характеристики вмещающих пород;

наличие пропитанных водой песчаных линз, что требует выполнения большого объема работ по осушению, учета неустойчивости пород в забоях и налипанию материала на рабочих органах оборудования;

наличие главного водоносного артезианского горизонта в почве нижнего из разрабатываемых пластов и малая мощность слоя разделяющих их пород почвы этого пласта приводит к необходимости иметь дно разреза минимальной ширины, обуславливают усложненные условия разработки нижнего пласта;

большая глубина разрезов вместе с селективной выемкой на уступах усложняет транспортный поток в узлах распределения и требует концентрации и использования большого числа ленточных конвейеров на транспортной берме на поверхности разреза.

В зависимости от мощности разрезов, запасов угля, коэффициента вскрыши, производительности оборудования при системе разработки с непрерывным транспортом пород используются три технологических комплекса (табл. 44).

В Румынии выпускаются роторные экскаваторы ЕРк-470 и ЕРк-1400, отвалообразователи А<sub>2</sub>РсБ-6500×90 и ленточные конвейеры с лентой шириной от 1400 до 2250 мм.

Преобладающей является система разработки с непрерывным транспортом породы во внутренние отвалы, а там, где позволяют условия месторождения, применяется комбинированная система разработки с перегрузкой и транспортированием части пород вскрыши в отвал.

Современная технологическая линия состоит из одной линии экскавации, одной линии отвалообразования и системы магистральных ленточных конвейеров. Обычно линия экскавации

Таблица 44

Характеристика технологических комплексов, применяемых в разрезах Румынии

Тип комплекса	Максимальная часовая производительность, м³/ч		Ширина конвейерной ленты, мм	Высота рабочих уступов, м		
	экскаватора	отвалообразователя		угольного	максимальная	минимальная
К. Т-1	700—850	2500	1200—1400	15—20	15—20	15
К. Т-2	1600—1800	4400—6500	1400—1800	20—25	15	15
К. Т-3	1900—2500	12 500	1800—2250	20—25	20	15

включает в себя по одному экскаватору и передвижному забойному конвейеру. Линия отвалообразования состоит обычно из передвижного ленточного конвейера и отвалообразователя.

В Румынии действуют 20 разрезов годовой производственной мощностью 2—8 млн т, работающих со средним коэффициентом вскрыши 7 м³/т. В разрезах работают более 80 роторных экскаваторов производительностью от 800 до 2500 м³/ч, 34 отвалообразователя производительностью 2500—12 500 м³/ч, проложено почти 300 км ленточных конвейеров с лентами шириной 1200—2250 мм.

Действующие разрезы характеризуются:

типизацией технологических линий — две линии по добыче угля обслуживаются одной линией отвалообразования, оборудованной отвалообразователем А<sub>2</sub>РсБ-6500Х90;

использованием на выемке породы экскаваторов средних размеров с вместимостью ковша 1,3; 1,4 и 2,0 м³;

переходом на селективную выемку угольных пластов и применением роторных экскаваторов с черпаками вместимостью 0,40 и 0,47 м³.

Проектируются разрезы со среднегодовой мощностью 8 млн т угля и коэффициентом вскрыши 10—14 м³/т.

## ОБОГАЩЕНИЕ УГЛЯ

Более 50% угля, добываемого в мире, подвергается обогащению: в США — более 60%, в Австралии — 75%, в Великобритании — 90%, в Индии — 85%, в ФРГ, Польше и Японии — от 60 до 80%, в ЧСФР — примерно 83%, в КНР — около 20%.

Для большинства зарубежных стран характерно ухудшение качества добываемых и поступающих на обогащение углей.

В угольной промышленности зарубежных стран насчитывается более 1000 действующих обогатительных фабрик.

Во всех угледобывающих странах с развитым обогащением наиболее объективным показателем, отражающим технический уровень предприятия, считается часовая производительность. Оптимальной при этом считается фабрика производительностью 1000—1200 т/ч.

Производительность наиболее крупных зарубежных обогатительных фабрик (ОФ) составляет от 2000 до 3000 т/ч: ОФ шахты «Гротегелук» (ЮАР) — 3000, ОФ шахт «Пяст» и «Чечотт» (Польша) — по 2200, «Янковице» — 2400, «Будрык» — 2800 т/ч (Польша) и др. Средняя производительность обогатительных фабрик в Польше — 740 т/ч, в ФРГ и США — 700—800 т.

При проектировании обогатительных фабрик (например в ФРГ) предусматривается возможность изменения технологической схемы по различным причинам (изменение сырьевой базы или требований потребителей и т. д.) при сохранении экономичности предприятия.

Сроки строительства обогатительных фабрик годовой мощностью 6—9 млн т составляют: в Польше — 4 года, в США и ФРГ — не более 3 лет (модульных фабрик — около 3 мес). Сроки проектирования обогатительных фабрик с указанной выше годовой мощностью — 44 мес, в Польше — около 20 мес.

На строительство углеобогатительной фабрики при шахте «Молтби» (Великобритания), включая работы по проектированию, сооружению и оборудованию, было отведено 96 недель. Проект предусматривал сооружение систем доставки рядового угля от ствола шахты до фабрики, непосредственно здания фабрики с монтажом оборудования, бытовых помещений и систем отгрузки и транспортирования потребителям. При достижении проектного уровня суточной добычи на шахте (1994 г.) на ОФ будет поступать 17 тыс. т рядового угля в сутки.

В мировой практике не создано пока технологии углеобогащения альтернативной традиционной, и ведущими остаются обогащение в минеральных суспензиях, отсадка, флотация.

В конце 80-х гг. отсадкой обогащается около 70% перерабатываемого угля в ФРГ, около 50% в США, более 60% в Великобритании. На долю тяжелосреднего обогащения в ФРГ приходится 22%, в США — 32, в Великобритании — 28, в Польше — 36%. Доля флотации в этих странах составляет от 5 до 8%. Однако, несмотря на сложившиеся традиции, во многих странах ведутся поиски новых технологий и оборудования для обогащения угля, особенно с учетом ужесточающихся требований по охране природной среды.

При строительстве новых и реконструкции действующих фабрик за последние десятилетия произошли принципиальные изменения в формировании технологических схем и строитель-



но-компоновочных решений. При сооружении мощных фабрик производительностью до 3000 т/ч придерживаются принципов секционности технологической схемы и модульной компоновки оборудования. По мере освоения мощности фабрикой число секций может увеличиваться, практически не влияя на действующее производство.

В Австралии, Канаде, Польше проектируются многосекционные фабрики производительностью до 5000 т/ч. В США, Австралии, Канаде получили распространение мобильные модульные фабрики при шахтах с небольшими запасами низкосортного угля, где строительство капитальных сооружений неэкономично. Такие фабрики строят с горизонтальной или вертикальной компоновкой. Поскольку они занимают минимальную площадь ( $18 \times 18$  м в плане и пять отметок по вертикали), их можно сооружать в стесненных условиях местности (ОФ «Немокоул» производительностью 200 т/ч, США). Срок строительства 3—4 мес.

Технологические схемы современных обогатительных фабрик, по сравнению с традиционными, по которым работает большинство фабрик в мире (в ФРГ более 90% действующих предприятий), имеют следующие особенности. Все большее распространение получают схемы с предварительным выделением крупной породы, что исключает необходимость операции предварительного дробления.

В связи с возрастанием в рядовом угле содержания крупнокусковой породы в технологические схемы обогатительных фабрик ФРГ, США и других стран включается в качестве обязательного узел предварительной механизированной выборки породы. В ФРГ предварительное отделение породы из угля крупностью  $\pm 40$  мм производится в тяжелосредних сепараторах «Дрюбой». Выделенная при сепарации порода дробится до крупности менее 150 мм и вывозится в отвал. Смесь обогащенного в сепараторе угля и необогащенного угля крупностью  $\pm 40$  мм направляется на усреднительный склад. По такой схеме работает узел подготовки угля к обогащению на ОФ шахты «Лоберг». В ФРГ создана отсадочная машина, которая может быть использована для предварительной выборки крупной породы.

В США предварительное отделение крупной породы перед обогащением производят в тяжелосредних сепараторах «Дрюбой» и на грохотах-дробилках «Брэдфорд», в Польше — на барабанных грохотах-дробилках. Предусматривается предварительная выборка крупной породы с использованием тяжелосредних сепараторов или грохотов-дробилок, в эксперименте — отсадочных машин специальной конструкции.

По данным специалистов ФРГ, в рядовом крупном угле доля породы с увеличением крупности угля возрастает почти до 90%, в то время как мелкий уголь ( $-10$  мм) по массе состоит на

65—80% из чистого угля. Предварительное отделение крупной породы значительно снижает нагрузку на последующие технологические операции.

Предварительное удаление породы из угля крупных классов позволит предотвратить переизмельчение угля и породы при подготовительных операциях, снизить зольность мелких классов, уменьшить стоимость процесса обогащения.

В основных угледобывающих странах при проектировании, строительстве и реконструкции ОФ максимально используется принцип однопоточности с применением высокопроизводительного оборудования.

Большое внимание уделяется усреднению углей перед обогащением, для чего используются открытые или закрытые усреднительно-аккумулирующие склады со специальным оборудованием. В Польше, США и Франции усреднение угля производится, как правило, в железобетонных бункерах большой вместимости цилиндрического типа, которые занимают небольшую площадь и имеют сравнительно продолжительный срок службы. В ФРГ наиболее перспективным считают способ усреднения в закрытых складах штабельного типа, построенных в виде шатра или ангара. Производительность усреднительных складов фирмы «Везерхютте» достигает 2000 т/ч, а вместимость — от 3 до 60 тыс. т. Усреднение угля на этих складах более экономично и эффективно по сравнению с бункерным усреднением. На складах фирмы «Везерхютте» отклонение зольности усредненного угля от среднего значения составляет  $+2,5\%$  для угля крупностью 0,5—10 мм и  $\pm 1,5\%$  для угля мельче 0,5 мм. В США и ФРГ также находят применение бункерный способ усреднения.

Возрастает доля обогащения угля в минеральных суспензиях (кроме ФРГ): крупный уголь 10(13)—120(150) мм обрабатывают в тяжелосредних сепараторах; мелкий уголь 0,6(1,0)—10(13) мм, а в новых схемах уголь крупностью 0,6(1,0)—30(50) мм — в тяжелосредних циклонах. При этом достигается повышенная точность разделения, особенно труднообогащаемых углей, по сравнению с отсадкой.

В Австралии для обогащения мелкого угля разработаны спиральные концентраторы (сепараторы) «Райхерт», сконструированные в виде батареи из отдельных аппаратов (обычно из 16 общей производительностью 24 т/ч). Самая большая батарея спиральных сепараторов производительностью 300 т/ч используется для обогащения угля для коксования крупностью 0,4—1,4 мм. В Канаде в спиральном сепараторе обогащают уголь крупностью 0,2—0,6 мм.

В ФРГ установлено, что наиболее эффективно во флотомашинна обогащается уголь крупностью 0,3(0,2) мм, в то время как традиционная технологическая схема предусматривает максимальный размер зерна — 0,5 мм. Для обогащения угля

крупностью 0,2(0,3)—2,5(3,0) мм разработана отсадочная машина и предложена схема обогащения угля по новым машинным классам: 30—400 мм — в тяжелосредних сепараторах; 2—30 мм — в отсадочных машинах; 0,2—2,0 мм — в специальных отсадочных (шламовых) машинах для обогащения мелочи; 0,2 мм — флотацией.

Раскрытие зерен крупного промпродукта отсадки достигается путем дробления до крупности 10(13) мм с последующим переобогащением вместе с мелким классом или раздельно в тяжелосредних циклонах либо в отсадочных машинах мелкого зерна.

Флотация шламов осуществляется обычно с перечисткой пенного продукта.

Глубокое обезвоживание продуктов обогащения, особенно мелкого концентрата и различного шлама, в ряде стран (ФРГ, Великобритания) обеспечивает требуемую влажность продуктов без термической сушки. В ФРГ наиболее экономичным считают механическое обезвоживание мелкого угля. На новых фабриках вместо термической сушки мелких классов угля применяют аппараты для обезвоживания. Флотоконцентрат после обезвоживания присаживается к мелкому концентрату в количествах, обеспечивающих получение товарного продукта требуемой влажности.

В США для обезвоживания мелкого угля применяется термическая сушка. На большинстве фабрик сушка концентрата производится в сушилках с кипящим слоем.

В КНР разработан метод электрохимического обезвоживания шламов после сгущения их в радиальных сгустителях. Содержание влаги при использовании этого метода снижается с 50 до 25%. Расход энергии на 20% меньше, чем при обезвоживании на дисковых фильтрах и центрифугах.

Во Франции проводились испытания центробежного сепаратора «Хнизер» фирмы «Уимко-Франс» для обогащения отходов крупностью 0,16—0,50 мм с зольностью 60%. Зольность полученного концентрата — 35%, породы — более 77%.

К другим особенностям современной технологии обогащения относят сгущение отходов флотации до высококонцентрированных осадков с последующим обезвоживанием, складированием или утилизацией.

В странах (или районах) с низкой зимней температурой (Канада, частично США, КНР, ЧСФР) для сушки (кроме традиционных сушильных барабанов и труб-сушилок) используют более эффективные методы, такие как сушка в кипящем слое и др. Кроме того, суровые климатические условия требуют строительства хорошо изолированных и обогреваемых обогатительных фабрик. На некоторых фабриках Канады, например, даже радиальные сгустители диаметром до 55 мм, а также бункеры вместимостью до 15 тыс. т полностью укрыты.

В США и Великобритании установлено, что колонная флотация углей позволяет существенно повысить извлечение горючей массы и снизить зольность концентрата вследствие уменьшения механического выноса илов в пену. В лабораторных условиях стабильно получали концентраты зольностью 5—8% при извлечении угольного вещества до 90%.

С целью интенсификации процессов флотации выполнены лабораторные исследования гидродинамики потоков в таких устройствах, как гидроциклон; на его базе предполагается разработка нового типа флотационного аппарата — гидроциклона с воздушным барботажом. Из испытанных аппаратов предпочтение может быть отдано вертикальным цилиндрическим циклонам (типа «Дайне Велпул»).

Для покрытия основных узлов и деталей, подвергаемых абразивному износу, широко применяются высокопрочные стали, сплавы, высокохромистые чугуны, керамические покрытия, покрытия из резины и полимерных материалов (резина-керамика, резина-сталь). В ФРГ считают, что стоимость полиуретановых сит в 3—4 раза выше металлических, но срок службы больше в 6—8 раз. Футеровка из карбида вольфрама, применяемая в центрифугах «Берд» (США), имеет в 5 раз выше износостойкость, чем другие типы покрытия.

Ремонт оборудования на обогатительных фабриках примерно на 70% осуществляется специалистами фирм-изготовителей и на 30% ремонтным персоналом фабрик.

Строительство одноэтажных фабрик обеспечивает простоту обслуживания и ремонта, обзор всей техники и доступ к любому объекту. Этим обуславливается сокращение численности обслуживающего персонала. Периодичность профилактики и ремонта за рубежом закладывается в память ЭВМ, которая на основании отработанного времени и заданных сроков службы подает команду на проведение профилактического или текущего ремонта.

Шихтование рядовых углей требует оптимизации для обеспечения максимального выхода в процессе обогащения продукта с заданной зольностью или содержанием серы. Существует также необходимость смешивания обогащаемых углей. В Канаде предложены графические и численные методы определения оптимальных вариантов разделения при обогащении углей разных сортов или смеси углей: смешивание обогащенных углей, обогащенных и исходных углей, исходных углей.

Графические методы основаны на использовании кривой Майера (М-кривой). Легко решаются задачи при смешивании до трех сортов угля. Для большего числа сортов методы с использованием кривой Майера непригодны, и в этом случае рекомендуется применять численные методы оптимизации, реализуемые на цифровых вычислительных машинах.

С помощью системы моделирования металлургического про-

изводства «Метсим» в Великобритании разработана программа для ЭВМ, которая воспроизводит все процессы в технологической схеме обогатительной фабрики с учетом изменения технологии, опыта эксплуатации, требований производства и положения на рынке сбыта. Моделирующую программу можно применять для анализа технологических показателей работы действующих фабрик, оптимизации производства, исследования возможностей управления фабриками, оценки необходимых изменений технологических схем и финансово-экономического учета.

Намечается также возможность использования программы в комплексных автоматизированных системах технико-экономического управления на обогатительной фабрике будущего.

Практически завершены разработка и освоение аппаратуры автоматизации для большинства технологических процессов углеобогатительных фабрик.

Разработаны непрерывно действующие малоинерционные автоматизированные системы управления, позволяющие регулировать плотность разделения, поддерживать зольность концентрата в пределах нормы, отказаться от ручного управления и исключить простои оборудования. Быстрое изменение плотности разделения на основании предварительного определения зольности угля гарантирует стабильное качество концентрата при максимально возможном его выходе.

Ниже рассмотрены некоторые аспекты технологии и техники обогащения углей различных видов в некоторых странах.

В ФРГ обогащается практически весь добываемый каменный уголь, характеризующийся хорошей обогатимостью. Зольность угольных фракций невелика. Мелкозернистый уголь ( $-0,5$  мм), выход которого в рядовом угле крупностью менее 250 мм составляет 13%, не окислен и поверхностные свойства угольных и породных частиц выражены настолько различно, что легко могут быть использованы при обогащении. Сера, содержащаяся в рядовом угле, представлена частично пиритом, что позволяет уменьшать сернистость угля в процессе обогащения.

Увеличение механизированной добычи угля привело к значительному росту выхода породы крупностью более 30 мм и мелкого рядового угля крупностью 2—10 мм.

Для обогащения каменного угля на обогатительных фабриках наибольшее распространение получила стандартная технологическая схема, применяемая в Рурском бассейне. При обогащении по этой схеме трех машинных классов (более 10, 0,5—10,0 и менее 0,5 мм) предусматриваются усреднение рядового угля, предварительная его классификация, обеспыливание или дешламация, отсадка крупного и мелкого угля, флотация шлама и обезвоживание получаемых продуктов. Продукты обогащения — сортовой уголь «орех», мелкий концентрат, пыль из

обеспыливателей и шлам, а также промпродукт — имеют различные зольность, влажность и содержание серы. Продукты обогащения поставляются отдельно или в смеси для энергетической и металлургической промышленности, а также для выработки тепла.

Основным обогатительным оборудованием являются отсадочные машины, а также концентрационные столы и тяжелосредные циклоны для угля крупнее 1,5 мм. Особое внимание уделяется развитию технологии флотации тонких классов угля. Для обезвоживания мелкого угля и шлама применяются вакуум-фильтры и фильтрующие центрифуги.

Развитие обогащения мелкого угля направлено на повышение точности разделения в диапазоне крупности 0,3—1,5 мм и менее 0,06 мм. Для первого из указанных классов крупности применяются концентрационные столы и тяжелосредные циклоны, производительность которых недостаточна для ОФ мощностью до 1000 т/ч.

Исследования возможности обогащения угля крупностью менее 1,5 мм в отсадочных машинах показали, что при повышенной пульсации подрешетной воды (120 Гц) нижний предел крупности угля можно понизить до 0,3 мм. При этом улучшаются показатели разделения как по золе, так и по сере. Такой способ обогащения может найти применение в отсадочных машинах специальных конструкций для разделения угля крупностью менее 1,5 мм, а также в переоборудованных отсадочных машинах для мелкого угля.

Опыт применения специальных отсадочных машин для обогащения пыли из классификаторов или крупного шлама подтвердил, что при достаточной степени раскрытия зерен обогащаемого угля крупностью 0,3—1,5 мм и зольностью 15—28% можно получить товарные продукты зольностью 6—9% и породу зольностью более 80%.

При флотации точность разделения можно повысить, одновременно снижая зольность и содержание серы флотоконцентрата, если ограничить верхнюю крупность флотируемого материала до 0,3 мм, флотировать разбавленные пульпы с концентрацией твердого 50—100 г/л при условии раздельной флотации шламов крупностью менее 0,06 мм.

Концерном «Рурколе АГ» разработан способ пневматической флотации для обогащения разбавленных пульп с содержанием твердого 10—20 г/л, представленного частицами угля менее 0,1 мм.

Флотация на опытной установке пульпы с содержанием твердого менее 10 г/л и зольностью исходного угля примерно 50% дает концентрат зольностью 5—7% при содержании твердого 200 г/л; зольность отходов составляет 70—72%. При флотации разбавленных пульп особое значение приобретают высота пенного слоя и способ дозирования флотационных реагентов.

В последние годы в результате исследований по обезвоживанию мелких классов угля были достигнуты определенные успехи, однако не решены проблемы относительно низкого выхода твердого в центрифугах и высокой остаточной влажности продуктов фильтрования. Дальнейшее совершенствование технологии обезвоживания угольной мелочи заключается в классификации частиц менее 10 мм на два класса и более и раздельном обезвоживании выделенных узких классов на соответствующем оборудовании.

В настоящее время обезвоживание угля крупностью 0,5—10,0 мм осуществляется в вибрационных фильтрующих центрифугах и крупностью менее 0,5 мм — в дисковых вакуум-фильтрах.

Для обезвоживания угольной мелочи были опробованы распространенные в химической промышленности горизонтальные шнековые фильтрующие центрифуги с ротором диаметром 1200 мм. При обезвоживании угля крупностью менее 6 мм остаточная влажность на 1,5% меньше, чем для вибрационных фильтрующих центрифуг. При этом производительность была на 30% больше, однако выход твердого не превышал 90%. Для обезвоживания грубых глинистых материалов (крупность менее 3 мм) кроме вибрационных центрифуг были опробованы также пульсирующие центрифуги. Эти машины эффективно работают лишь при постоянной плотности питания (порядка 700 г/л) и требуют технического усовершенствования.

Для обезвоживания тонкодисперсных материалов менее 0,5 мм широко применяются вакуум-фильтры (для флотационного концентрата) и фильтры-прессы (для отходов флотации).

На ОФ «Лоберг» производительностью по рядовому углю 1250 т/ч действуют вакуумные ленточные фильтры «Делькор-Везерхютте» с площадью ленты 10 м<sup>2</sup>. Влажность флотационного концентрата при этом на 2—5% ниже влажности концентрата, обезвоживаемого в барабанных и дисковых фильтрах, и составляет соответственно 20—24 и 24—26%, а при фильтровании с дополнительной обработкой паром влажность осадка ленточного фильтра составляет 19—22%. Илистые отходы флотации обезвоживают на ленточных фильтрах-прессах типа SRG-3500 фирмы «Андриц».

Результаты фильтрования улучшаются при двухстадийном кондиционировании пульпы флокулянтами: анионоактивными — «Базфаф-400», «Налько-8863», «Штокхаузен-2900» и катионоактивными — «Базфел-930», «Налько-8100», «Штокхаузен Правстаминоль». Хорошие результаты также дает тонкослойное фильтрование, особенно в сочетании с обработкой кека паром.

Обнадеживающие результаты получены при опробовании фильтра-пресса непрерывного действия для обезвоживания флотационного концентрата — влажность осадка составила 16—17% при производительности 500—600 кг/(м<sup>2</sup>·ч). На трех обо-

гатительных фабриках ФРГ внедряется перспективный способ обезвоживания, сочетающий непрерывное фильтрование под давлением и под вакуумом. Он позволяет успешно фильтровать концентрат пневматической флотации, содержащий более 65% ультрамелких частиц — 0,063 мм.

Существенного улучшения обезвоживания мелких частиц на вакуумных фильтрах можно добиться только путем отделения наиболее тонких классов, например менее 0,02 мм. Это позволит уменьшить влажность обезвоженного концентрата до 18%. Отделяемые ультратонкие частицы рекомендуется обезвоживать на фильтрах-прессах.

Рассмотренные способы усовершенствования технологии разделения и обезвоживания мелких классов угля дают возможность уменьшить выход высокозольных продуктов, снизить содержание серы в угле, сохранить на достигнутом уровне или даже уменьшить влажность.

Кроме развития процессов разделения и обезвоживания мелких и тонких классов угля при узкой их классификации по крупности, основные направления совершенствования технологии обогащения заключаются в использовании новых технологических приемов: снижение нагрузки на обогатительные машины для мелкого угля 0,5—12,0 мм путем внедрения специальных отсадочных машин для обогащения угля крупностью 0,3—1,5 мм; флотация всех оборотных вод; внедрение эффективного контрольного обогащения промпродукта.

С целью совершенствования технологии обогащения мелкого угля в ФРГ созданы новые отсадочные и флотационные машины, фильтры. Отсадочная машина для угля крупностью 0,1—2,0 мм с полевошпатной постелью рассчитана на выделение двух продуктов — концентрата и породы. В машине имеются две параллельно работающие системы пульсаторов, обеспечивающие необходимое распределение поля скоростей. В качестве пульсаторов применены роторные устройства с регулируемой частотой вращения, позволяющие изменять диаграмму пульсаций. При наложении пульсаций происходит точное расслоение исходного материала даже самых мелких классов.

На шахте «Эмиль Майриш» введена в эксплуатацию одножелобчатая отсадочная машина фирмы «KHD Гумбольдт Велдаг», позволяющая выделять около 90% породы из рядового угля крупностью 40—400 мм. Капитальные и производственные затраты в данном случае ниже, чем на предварительное отделение породы в тяжелосредних сепараторах. Рядовой уголь, загружаемый в отсадочную машину, под действием возвратнопоступательного движения наклонного сита в водной среде расслаивается по плотности. Разгрузка породы осуществляется роторным разгрузчиком с регулируемым числом оборотов, действующим как порог для удержания материала. Уголь транспортируется по качающемуся желобу; разгрузка обоих продуктов

происходит через сдвоенное элеваторное колесо (при этом производится обезвоживание продуктов).

Отсадочные машины с подвижным решетом не нуждаются в транспортной воде, так как используют воду, которая удаляется с разгрузкой (например, откачивается при обесшламлинии).

Отсадочная машина для предварительного удаления крупной породы может быть установлена в подземных выработках благодаря небольшой высоте, незначительному расходу воды, совместимости установки с окружающей средой (отсутствует тяжелая суспензия) и удобству обслуживания. Отделение и оставление крупной породы в шахте снижают загрязнение окружающей среды в результате сокращения выдачи ее на поверхность, а также уменьшают площади, занимаемые породными отвалами.

Отсадочная машина для обогащения наиболее тонких фракций угля сконструирована фирмой «Гутехоффнунгсхютте». Машина отделяет пиритную серу от угля при соответствующем раскрытии пиритных зерен благодаря тому, что обеспечивает такую же точность разделения классов крупности 0,2—2,0 мм, какая достигается в машинах других типов лишь для более крупных классов.

Пневматическая флотационная машина работает на ОФ в схемах флотации разбавленной пульпы коксового и газового углей. Из пульпы, поступающей на флотацию, предварительно выделяют зерна крупнее 0,1 мм. Производительность машины составляет 500—900 м<sup>3</sup>/ч при пульпе с концентрацией твердого от 20 до 70 г/л. В исходном питании содержится более 40% частиц крупностью менее 10 мкм. Средняя зольность пенного продукта 7—8%, а отходов 68—78%, но при максимальной производительности 900 м<sup>3</sup>/ч результаты ухудшаются (зольность породы уменьшается в среднем до 68%, а зольность концентрата возрастает до 10%).

В пневматической флотационной машине использован принцип «свободной струи». Особенность машины — наличие двух раздельных зон: зоны максимальной турбулентности, в которой образуются пузырьки воздуха и происходит перемешивание их с частицами угля, и зоны ламинарного всплывания флотационных комплексов. Машина представляет собой камеру с укрепленной в ней вертикально сверху полой трубой для подачи питания. Нижняя часть трубы опущена в пульпу на глубину, необходимую для обеспечения всплывания агрегатов «пузырек воздуха — частица угля». В верхней части труба снабжена специальной форсункой. Кондиционированную пульпу подают под давлением 150—180 кПа. Она увлекает за собой воздух, поступающий через отверстие форсунки из атмосферы, создавая при этом сильную турбулентность в полой трубе, обеспечивающую благоприятные условия для аэрации пульпы. Испытания маши-

ны показали, что обогащение угля крупностью менее 0,053 мм происходит с такой же селективностью, с которой обогащается уголь крупностью 0,055—0,500 мм во флотационной машине механического типа.

Фильтр KDF повышенной производительности для обезвоживания угольного флотоконцентрата или шлама (компания «Амазитар BF») имеет большую вместимость барабана и обеспечивает более низкую влажность кека, чем фильтры, применявшиеся ранее. В фильтре решены проблемы размещения большой фильтрующей поверхности в сравнительно небольшом резервуаре и отвода фильтра-кека из системы высокого давления в систему с атмосферным давлением без выпуска сжатого воздуха.

Ленточные вакуум-фильтры со сходящим полотном типа «Делькор-Вехерхютте» с поверхностью фильтрования от 0,23 до 200,00 м<sup>2</sup> для обезвоживания различных суспензий (в том числе угольных шламов) разработаны фирмой «Везерхютте». Эти фильтры имеют значительно большую поверхность фильтрования, снабжены перемещающейся износостойкой лентой, расположенной между резиновой лентой и вакуум-камерой и создающей совместно с гидравлическим затвором надежное уплотнение вакуум-камер. Для уменьшения мощности привода и износа резиновая лента сконструирована на воздушной подушке. При необходимости фильтры могут оснащаться паровой камерой.

В ФРГ разработаны также автоматические приборы, основанные на микропроцессорной технике: калориметр AC-200 с трехкомбовой системой измерений, позволяющий выполнять до 60 определений за 8 ч; прибор SC-32, выполняющий анализ серы (общий) за 2 мин; прибор HN-600, производящий три анализа на углерод, водород и азот в течение 3—5 мин. Время, необходимое для анализов с использованием этих приборов, в 15—20 раз меньше, чем при анализах по стандартным методикам.

На новых обогатительных фабриках Австралии процессы обогащения почти полностью автоматизированы, управление и контроль осуществляются с помощью компьютеров. Предполагается, что все новые ОФ в ближайшем будущем осваивают мощности от 1000 до 1500 т/ч.

При обогащении крупного угля (30—100 мм) используются отсадочные машины «Батак» и тяжелосредние сепараторы «Вемко». Для обогащения шлама (0—0,5 мм) применяют флотомашину и многозаходные спиральные концентраторы. Были проведены испытания десятизаходной спирали на ОФ при шахте «Гретби Коллиери».

Большое внимание уделяется пенной флотации. С целью оптимизации этого процесса проводились промышленные испытания флотации сверхтонкого угля в машинах колонного типа.

Изучаются проблемы селективной флотации мелкого угля (менее 0,25 мм), а также сравнительные достоинства и недостатки спиральных концентраторов и тяжелосредних циклонов при обогащении угля крупностью +0,25 мм.

В Австралии разработаны системы определения зольности угля в потоке в диапазоне 3—45% с прибором «Коулскэн», работающие на ряде обогатительных фабрик. Зольность измеряется с использованием гамма-излучения. К характерным особенностям прибора относятся быстрая корректировка показателей при изменении толщины слоя, независимость от верхнего предела крупности угля.

Организацией государственных научно-производственных исследований также разработаны приборы для определения зольности угля в потоке с использованием гамма-датчиков.

Во время испытаний на фабрике «Грегори Квинсленд» прибором «Джет», основанным на использовании гамма-излучения, определялась зольность концентрата на конвейере с точностью  $\pm 0,45\%$ .

Другой прибор, основанный на взаимодействии гамма-лучей высокой энергии, под названием парная генерация (PP), менее чувствителен к вариациям зольности и более предпочтителен для высокзолых углей. Промышленные испытания метода прямого анализа в потоке PP проводились на обогатительной фабрике компании «ВНР».

Приборы «Сайроэш» изготавливаются фирмой «Минерал контрол инструментейшн» по лицензии CSIRO. Первый промышленный прибор «Сайроэш», основанный на парной генерации, установлен на дополнительном потоке пробы высокзолного продукта на ОФ «Улан».

В Австралии разработан новый метод обработки влажных угольных шламов. Существенным элементом новизны предложенного способа является то, что извлечение тонкодисперсных обводненных угольных шламов осуществляется в виде опрессованных формовок-блоков зольностью не более 30% (на сухую массу) и с теплотой сгорания от 23 000 до 30 000 кДж/кг. С этой целью исходная масса угольного шлама подвергается компрессионному давлению от 620 до 3500 Па в негерметичной камере с отводным патрубком для воды. В результате воздействия компрессионных сил из высоковлажной угольной массы отжимается практически чистая вода, а оставшийся шлам в форме опрессованной угольной формовки-блока влажностью до 10% (по массе) и плотностью 1,45—1,60 г/см<sup>3</sup> выгружается периодически из уплотненной автоклавной камеры. Продолжительность цикла не превышает 1 мин.

Запатентован способ обогащения угля, находящегося в измельченном виде в водной среде. Обязательное условие — подлежащий извлечению компонент должен быть гидрофобным, например, угольный флотоконцентрат. Исходный материал в

виде пульпы кондиционируется при неинтенсивном перемешивании в течение 5—30 мин с эмульгированным углеводородом, обладающим вязкостью 1—10 Па·с (предпочтительно 1—3 Па·с) при расходе углеводорода 0,5—10,0% твердого. В результате гидрофобный компонент пульпы (уголь) селективно окомковывается, а гидрофильные компоненты остаются в пульпе. Селективность окомковывания повышается при уменьшении вязкости углеводорода. Влажность готового продукта (гранул) при опытах составляла 12,8—15,6%.

Запатентован метод извлечения зернистых угольных частиц из шламов, включающий агитацию этих шламов в присутствии соответствующей гидрофобной жидкости — масла. При этом обеспечивается контакт, продолжительность которого достаточна для формирования гранул больших размеров, вследствие чего угольные агломераты отделяются от других шламовых включений, присутствующих в обогащаемом материале.

Австралийская фирма «Минерал депозитс» разработала технологию обогащения угля крупностью менее 3 мм. Были созданы три типа спиральных концентраторов для широкой гаммы углей, в том числе зольностью 30%, оптимальной крупностью 0,1—2,0 мм (особенно 0,075—1 мм). Они успешно заменяют гидроциклоны. При обогащении отходов флотации энергетического угля зольностью 42,1% при производительности 1,88 т/ч на спиральном концентраторе получено 61,3% концентрата зольностью 22,8%. При обогащении 1,33 т/ч отходов флотации угля для коксования зольностью 56,8% выход концентрата зольностью 22,8% составил 40%. Сооружены 24 спиральных концентратора.

В Австралии широко применяется одностадийная флотация крупных шламов с отдельным обогащением мелких и тонких классов или переобогащением флотационных отходов первой стадии. В том и другом случае практикуется дробная добавка собирателя и вспенивателя. Слабая флотируемость австралийских углей в большинстве случаев связана с высоким содержанием пирита и глинистых шламов; повышение эффекта флотации для таких углей достигается регулированием pH-среды и выделением высокозолых (зольностью до 65%) тонких шламов. Масляная агломерация с хорошими технологическими результатами не нашла применения в промышленности из-за высоких цен на нефтепродукты.

Создаются эффективные средства классификации тонко- и сверхтонкоизмельченного угля. Такой уголь классифицируют на грохоте с дугообразным проволочным ситом с отверстиями 0,1 мм и шириной 600 мм. Угольную пульпу с частицами крупностью — 0,5 мм и расходом 1375 л/мин разделяли по классу 0,10—0,14 мм. Установлено, что характер кривой разделения и расход воздуха зависят от содержания твердого в большей степени, чем от расхода или плотности пульпы. Получена



четкая классификация тонкоизмельченного угля при различных режимах. Выход твердого в подрешетный продукт составил менее 70% при производительности грохота более 16,7 т/ч на 1 м его ширины.

Фирмой «Вермен интернешнл» изготовлен новый барабанный сепаратор для обогащения угля в минеральной суспензии. Сепаратор диаметром 3 м и высотой 4,88 м состоит из двух отделений, в каждом из которых содержится минеральная суспензия различной плотности. Рядовой уголь крупностью 15—150 мм в количестве не более 160 т/ч поступает в сепаратор. Осевшие фракции (промпродукт) из первого отделения разгрузочными элеваторами, размещенными на вращающемся барабане, направляются на вторую стадию обогащения. Обогащенный уголь из сепаратора подается на виброгрохот для отделения минеральной суспензии. Последняя направляется в систему циркуляции для повторного использования. Все узлы сепаратора после изготовления подвергаются специальной обработке в гальванических ваннах (длиной 14 м) фирмы «Индастриел гальвайзер» для повышения их стойкости против коррозии и износа.

Сепаратор оборудован гидроприводом, обеспечивающим изменение скорости вращения барабана. Все разгрузочные устройства приболчиваются к барабану изнутри, благодаря чему в корпусе барабана отсутствуют отверстия, которые могли бы способствовать коррозии и утечке минеральной суспензии. Преимущество сепараторов заключается в том, что в абразивной среде разделения не требуется применения никаких движущихся частей. В связи с этим значительно сокращаются расходы на ремонт и эксплуатацию и повышается надежность оборудования.

Фирмой «Мак-Нэлл Ойстрелиа» изготавливается (по лицензии) и поставляется сепаратор «Норуолт», предназначенный для обогащения угля в минеральной суспензии. Сепаратор обеспечивает высокую точность разделения, особенно при обогащении в суспензии с низкой относительной плотностью и при высоком содержании материала с плотностью, близкой к плотности разделения, что особенно ценно для обогащения австралийских углей. Сепараторы диаметром от 1,8 до 5,4 м рассчитаны на диапазон крупности обогащаемого угля от 3—12 до 6—200 мм. Самые крупные сепараторы имеют площадь ванны свыше 23 м<sup>2</sup> и производительность 500 т/ч по исходному продукту. Сепаратор состоит из неглубокой ванны цилиндрической или конической формы с плоским дном, заполненной минеральной суспензией, и внутренней конической камеры для привода. Загрузка рядового угля осуществляется через цилиндрический питатель, который погружен в минеральную суспензию, благодаря чему обеспечивается хорошая смачиваемость угля. В медленно перемешиваемой минеральной суспензии материал

разделяется на концентрат и отходы. Поддерживаемая турбулентность обеспечивает однородную плотность среды, не влияя при этом отрицательно на точность разделения. Обогащенный уголь вместе с минеральной суспензией переливается через ступенчатый сливной порог. Потонувший продукт перемещается пластинчатыми гребками в отдельную камеру для отходов обогащения с последующим удалением элеватором.

Австралийская компания «Викер Острейлиа» создала специально для обогащения мелкого угля спиральный сепаратор «Викерз Бионг». В сепараторе за счет увеличения диаметра спирали до 1 м достигнута производительность 2,5 т/ч по углю, а широкий породный канал и комбинация отсекателей позволяют обогащать уголь с различными характеристиками обогатимости. Все отсекатели спирали могут быть отрегулированы одним оператором. Геометрия спирали позволяет установить три сепаратора на одной центральной колонне. Общая производительность такой установки составляет 7,5 т/ч. На центральной колонне большого диаметра также монтируется пульпораспределитель. В целом компактность установки обеспечивает экономию 30% затрат при сооружении установки из обычных спиральных сепараторов.

Винтовой сепаратор для разделения по плотности имеет винтовой желоб, разделенный вертикальной стенкой на внутренний и внешний желоба. В стенке имеются отверстия для подачи во внутреннюю часть винтового желоба веера минералов, возникающего во внешней части желоба при движении пульпы. Отверстия снабжены отсекателями для регулирования количества материала, отбираемого во внутренний винтовой желоб. На конце его установлены дополнительные отсекатели, позволяющие регулировать выход продуктов обогащения. Винтовой сепаратор предназначен для обогащения мелкого угля.

Концентратор для обогащения мелкого угля представляет собой плоский диск, установленный наклонно по отношению к горизонту и снабженный спиральной рифлей, центр которой совпадает с центром диска. При вращении диска вокруг оси подаваемый на него материал расслаивается под действием смывной воды и силы тяжести. Тяжелые зерна продвигаются рифлей к центру диска, где разгружаются через полый центральный вал, а легкие смываются к нижнему краю диска, имеющему невысокий борт, и разгружаются через ряд отверстий по краю диска в приемный желоб. Процесс концентрации регулируется за счет изменения угла наклона диска, частоты его вращения, объема смывной воды.

Из техники и технологии, созданной американскими специалистами и широко используемой на обогатительных фабриках США, заслуживают внимания конический грохот «Вор-Сив», центробежные дробилки ударного типа, отсадочные машины «Батак», концентрационные столы «Консенко 77.88», флотома-



шины «Эджитейр», сушилки «Холофлайт», магнитное разделение мелкого угля: центрифуги для обезвоживания флотоконцентратов «Берд»; высокоградиентный магнитный сепаратор, сгустители «Айс» и «Ламелла», гамма-анализатор качества угля «Бонак», автоматизированная система непрерывного отбора проб фирмы «Джеймс А. Реддинг», автоматические регуляторы уровня пульпы «Ауто-Лот». Ниже приведено описание некоторых новых машин и аппаратов, используемых при обогащении угля.

Тяжелосредний циклоид, предназначенный для разделения труднообогащаемого угля крупностью от 0,2 (0,5) до 50,0 мм, разработан фирмой «Мак-Нелли Питтсбург» и используется на обогатительных фабриках США и других стран. Циклоиды «Мак-Нелли» отливаются из сплава, обладающего высокой абразивоустойчивостью. Высокая точность разделения обеспечивается автоматическим регулированием плотности рабочей суспензии.

#### Техническая характеристика тяжелосреднего циклона фирмы «Мак-Нелли»

Диаметр, мм	508, 689, 711
Производительность, т/ч	50, 75, 100
Крупность угля, мм	50
Погрешность разделения, кг/м <sup>3</sup>	30—50

Радиоизотопный золомер WYG-1 «Валтекс» (фирма «Валтекс Машин»), предназначенный для контроля зольности угля в потоке на ленточных конвейерах, состоит из измерительной головки, включающей источник излучения и сцинтилляционный детектор; системы подготовки поверхности угля и крепления измерительной головки и электронного измерительного блока. Измерительная головка подвешивается к системе подготовки поверхности угля, которая укреплена на раме, жестко связанной со ставом конвейера. Положение источника излучения и сцинтилляционного детектора может независимо меняться в процессе установки измерительной головки и затем жестко фиксироваться. Система подготовки поверхности угля выполняет две задачи: посредством специальной шарнирно закрепленной лыжи выравнивает и сглаживает слой угля на конвейере перед зоной контроля и обеспечивает постоянное расстояние измерительной головки от поверхности угля независимо от величины слоя на ленте. Результаты измерений индицируются на дисплее и могут быть зафиксированы с помощью автоматического цифроречевого устройства.

Осадочная фильтрующая центрифуга фирмы «Берд Машин» применяется для обезвоживания шламов, осветления угольных пульп. Центрифуга представляет собой двухстадийную установку с непрерывной разгрузкой осадка и сочетает осветлительное устройство со сплошным ротором и участком фильтрования в

центробежном поле. Для повышения износостойкости центрифуг фирма «Берд машин» применяет футеровку основных узлов и деталей, подвергаемых абразивному износу, из карбида

#### Техническая характеристика золомера WYG-1 «Валтекс»

Источник ионизирующего излучения Ам	241
Диапазон измеряемой мощности, %	3—40
Минимальная высота слоя угля на ленте, мм	100
Крупность угля, мм	50
Допускаемые пределы вариаций влажности, % абс.	±4
Климатические условия эксплуатации:	
температура, °С	От —5 до +50
относительная влажность, %	700±30
Устойчивость к внешним вибрационным воздействиям	25±2 Гц
Ширина конвейерной ленты, мм	800—2000
Напряжение питания при частоте 50 Гц, В	220
Потребляемая мощность, В·А	200
Габариты радиоизотопного блока, мм	642×480×305
Масса, кг:	
общая	600
в том числе радиоизотопного блока	120
Точность измерения, %, при зольности, %:	
5	±0,5
10	±1,05
20	±2,0

вольфрама, что повышает срок службы до 10 тыс. ч. Футеровка содержит вязкие соединения, снижающие ее хрупкость. Износостойкость ее выше в 5 раз, чем у других карбидных соединений.

В США постоянно ведется работа по созданию техники для контрольной аппаратуры. Так, фирма «Армко Отометрико» выпускает анализаторы PSM-200, PSM-300 и PSM-400, используемые для контроля крупности частиц и содержания твердого в сливе классификаторов. Взятая из технологического потока проба поступает в камеру с импеллером, где она тщательно перемешивается и из нее удаляются пузырьки воздуха для исключения погрешности измерения. В корпусе камеры установлены два ряда датчиков, состоящих из источников ультразвуковых колебаний и регистрирующего приемного устройства. Датчики расположены на разных уровнях и работают на разных частотах. Один из датчиков подает сигналы, определяющие размеры частиц, другой — содержание твердого в сливе классификатора.

В анализаторе «Микротрак» фирмы «Лидо энд Нортрап Инстрамент» в качестве датчика используется луч лазера. Выходные параметры анализатора включают: размеры частиц,

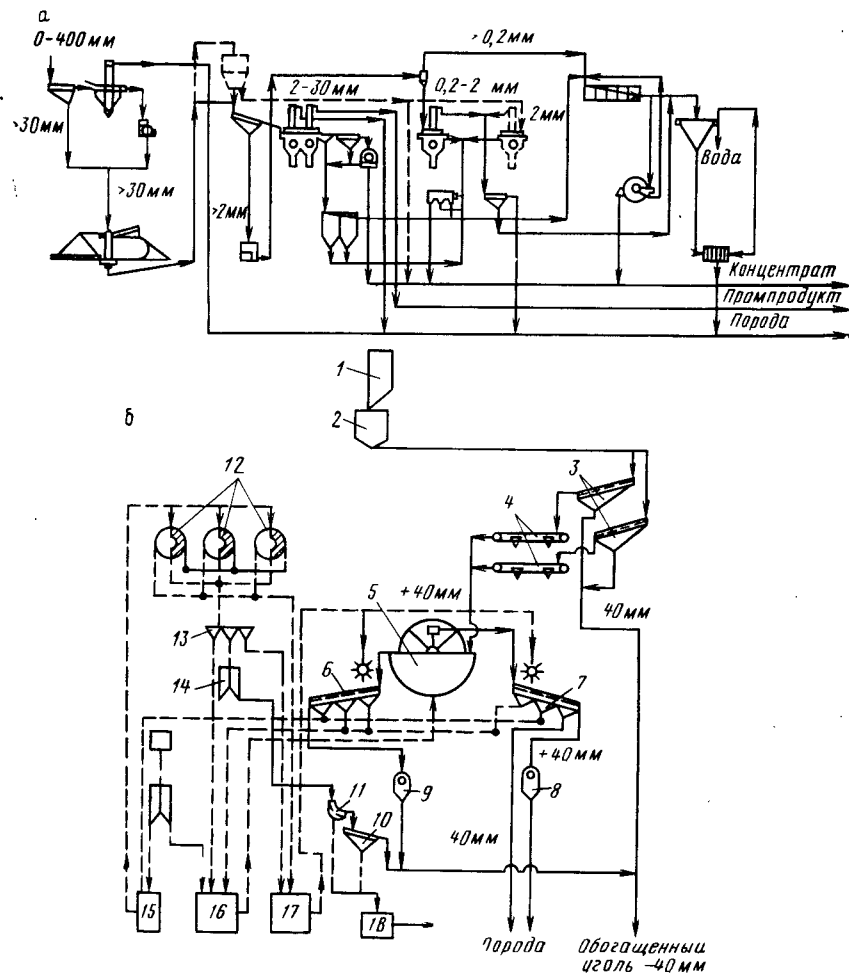
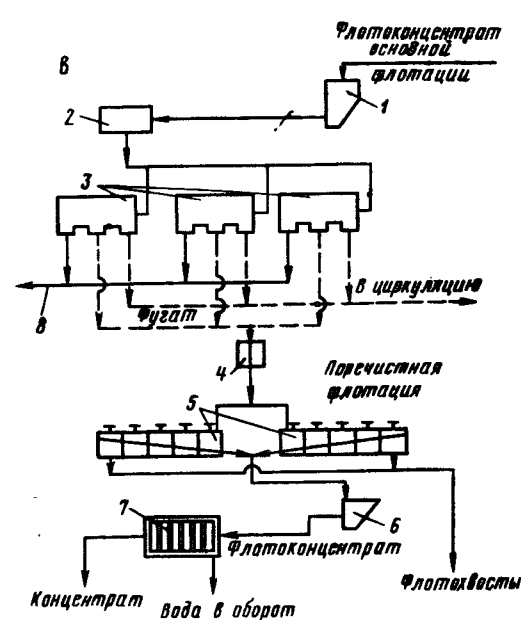


Рис. 28. Технология обогащения угля на обогатительной фабрике шахты «Ной Монополь» (ФРГ):

а — технологическая схема фабрики; б — схема предварительного удаления породы: 1 — скан шахты; 2 — бункер; 3, 10 — грохоты; 4 — породовыборки; 5 — сепаратор; 6 — грохот концентрата; 7 — грохот породы; 8, 9 — дробилки; 11 — дуговое сито; 12, 13 — магнитные отделители; 14 — магнит; 15 — разбавленная суспензия; 16 — рабочая суспензия; 17 — вода для орошения; 18 — шламовая вода;

соответствующие 10, 50 и 90% остатка на кривой распределения; средний диаметр частиц; удельную поверхность частиц.

В анализаторе другой фирмы измерения основаны на разности плоскости двух столбов жидкости, в один из которых добавляется проба. Автоматический контроль параметров процесса измельчения с помощью данного прибора повышает



в — схема обогащения фугата осадительных центрифуг: 1 — зумпф флотоконцентрата; 2 — распределительный бак; 3 — осадительные центрифуги; 4 — расходомерный бак; 5 — флотомашины; 6 — зумпф флотоконцентрата; 7 — фильтр-пресс; 8 — сборный ленточный конвейер концентрата

производительность мельниц до 20% и дает более равномерный по крупности продукт.

Во время транспортирования по железной дороге отходов с обогатительной фабрики к месту их размещения или переработки суспензия просачивается через щели в вагонах и загрязняет дороги. Одним из способов получения транспортабельных твердых отходов является применение для обезвоживания центрифуг «Супер Кентер» модели F-5400. Обезвоживались отходы зольностью 45—50% с концентрацией твердого 30—50% при содержании класса 43 мм порядка 80%. Объемная производительность центрифуги — 27—41 м<sup>3</sup>/ч, а в расчете на сухую массу обезвоженного продукта — 7—10 т/ч. Степень извлечения твердого осадка около 99%. Потребление полиэлектrolита менее 0,5 кг на 1 т отходов.

Фирма «Хьюитт-Робинз Интернешнл» создала грохот «Квад» производительностью свыше 1000 т/ч, предназначенный для грохочения угля и других подобных материалов. В зависимости от технологического назначения, вида и крупности перерабатываемого материала на грохоте устанавливают от одной до трех дек. Два синхронизированных вибратора «Вибрекс», располагаемых по краям грохота, обеспечивают требуемую эффективность грохочения по всей площади. В грохоте могут быть реализованы как круговые, так и линейные колебания, и он может устанавливаться наклонно или горизонтально. Подобная гибкость системы обеспечивает эффективную работу грохота в различных условиях.

Фирмой «Деррик мэнюфекчуринг» разработан грохот, имеющий три независимых сита разного измерения зольности отходов флотации с целью оптимизации реагентного режима. Показатели золомера с данными, полученными стандартным способом, расходятся на  $\pm 1,5\%$  (в абсолютных единицах) с вероятностью 95%. Датчик компактен, хорошо переносит транспортировку, быстро монтируется.

Ниже приводится описание технологических схем некоторых обогатительных фабрик.

Обогатительная фабрика шахты «Ной Монополь» (ФРГ) перерабатывает угли марок ОС и Г, годовая мощность фабрики по горной массе 6 млн т. Из двух имеющихся секций одна предназначена для обогащения углей марок ОС, вторая — для марки Г.

В технологической схеме фабрики предусмотрена классификация рядового угля и выделение крупной породы (рис. 28, а). Имеются аккумулярующие и усреднительные склады для рядового угля. Класс 2—30(40) мм обогащается в отсадочных машинах, класс 0,2—2,0 мм — на специальной шламовой отсадочной машине или концентрационных столах, класс менее 0,2 мм флотируется без предварительного сгущения. Высокосернистый рядовой уголь обогащается иногда в специальном процессе после предварительного дробления, рассчитанного на раскрытие зерен угля, содержащих пирит. Мелкий концентрат обезвоживается в центрифугах.

Для предварительного удаления породы служит специальная установка (рис. 28, б). Горная масса из шахты выдается скиповым подъемом и поступает в бункер, откуда ленточным конвейером подается на грохоты предварительной классификации по классу +40 мм. Эта масса после ручного удаления посторонних предметов поступает на обогащение в сепаратор «Дрюбой» диаметром 5700 мм.

Обогащенный уголь класса более 40 мм после обесшламливания на грохоте дроблится до крупности 40 мм в зубчатой дробилке и вместе с рядовым углем класса менее 40 мм подается (каждая марка отдельно) на усреднительные склады.

Подготовка и регенерация суспензии осуществляются в первичном и вторичном магнитных отделителях.

Шлам после магнитной сепарации обезвоживается на дуговом сите. Подрешетные воды направляются на осветление в наружные сгустители.

Порода с сепаратора «Дрюбой» после обезвоживания на грохотах дроблится до —150 мм и направляется на породный склад.

Флотоконцентрат основной флотации обезвоживается в осадительных центрифугах SVS 1100×3300 производительностью 25 т/ч каждая. Фугат флотируется отдельно на двух пятикамерных флотомашинах (рис. 28, в). Флотоконцентрат,

выделенный из фугата, подается в камерный фильтр-пресс «Пассавант» и обезвоживается до влажности 20%. Отходы от флотации фугата объединяются с флотохвостами основной флотации.

На фабрике при шахте «Лоберг» (ФРГ) обогащается уголь марок Г и Д. Годовая мощность фабрики по рядовому углю 6,3 млн т. Угли средней категории обогатимости с содержанием фракции 1400—1800 кг/м<sup>3</sup> в крупном и мелком классах до 8%. Зольность рядового угля крупностью не более 10 мм не превышает 35%, крупностью 10—150 мм — до 60%.

Средние показатели качества продуктов обогащения следующие: концентрат для коксования — зольность 6,8%, влажность 10%, содержание серы до 1%, выход летучих 33—35%; энергетический уголь — зольность 26—30%, влажность 9%, содержание серы до 2%.

Технологическая схема фабрики имеет ряд особенностей: крытую усреднительную установку и склад рядового угля (до 60 тыс. т); максимальную однопоточность при высокой единичной производительности оборудования; новейшее обезвоживающее оборудование, в частности, для обработки продуктов флотации (ленточный вакуум-фильтр и ленточные фильтры-прессы); двухстадийную схему флотации.

Рядовой уголь классифицируется по крупности 150 мм на одном грохоте производительностью до 2000 т/ч. Класс крупнее 150 мм после ручной выборки породы и удаления металла дробится в двухвалковой зубчатой дробилке производительностью до 400 т/ч и вместе с классом менее 150 мм поступает на крытый усреднительный склад. Со склада уголь подается на два грохота на подготовительную классификацию по крупности 10 мм.

Класс 10—150 мм дешламируется на грохоте. Дешламированный уголь обогащается в отсадочной машине «Батак» с площадью отсадки 35 м<sup>2</sup> и производительностью до 825 т/ч.

Крупный концентрат после обезвоживания на грохоте дробится до крупности 10 мм и в смеси с мелким концентратом отправляется потребителям.

Сухой мелкий уголь класса 0—10 мм при влажности до 6% обеспыливается в центробежном обеспылителе производительностью до 700 т/ч. Пыль из обеспылителя или продается как отдельный продукт, или присаживается к концентрату, или же суспендируется и подается на флотацию. Обеспыленный уголь крупностью 0,5—10,0 мм вначале дешламируется на грохоте, а затем обогащается в отсадочной машине «Батак».

Концентрат обезвоживается до влажности 6,5% последовательно на грохоте и в трех вибрационных горизонтальных фильтрующих центрифугах типа «HFS» фирмы KND «Гумбольдт-Ведаг».

Промпродукт после элеватора дополнительно обезвоживается в фильтрующих центрифугах.

Подрешетные воды дещламационных и обезвоживающих грохотов, фугаты центрифуг направляются в двухступенчатый гидроклассификатор для улавливания крупнозернистого шлама, который возвращается на отсадочную машину мелкого угля, а слив гидроклассификатора направляется в радиальный сгуститель. Для интенсификации процесса осаждения применяют флокулянты.

Сгущенный продукт радиального сгустителя поступает в контактный чан и после разбавления до содержания твердого  $150 \text{ кг/м}^3$  подается во флотационные машины типа «Денвер» с объемом камеры  $14,5 \text{ м}^3$  и производительностью до  $120 \text{ т/ч}$ . В пятикамерной машине осуществляется основная флотация, в четырехкамерной — перечистная. Зольность шлама, поступающего на флотацию, составляет  $30\text{—}35\%$ , зольность флотоконцентрата —  $9\text{—}10\%$ . Для обезвоживания флотоконцентрата используют два барабанных вакуум-фильтра с поверхностью обезвоживания  $120 \text{ м}^2$  каждый и ленточный вакуум-фильтр фирмы «Делькор-Везерхютте» с поверхностью фильтрования  $60 \text{ м}^2$ . Удельная производительность по обезвоженному осадку на барабанных вакуум-фильтрах составляет в среднем  $250 \text{ кг/(м}^2 \cdot \text{ч)}$ , на ленточном —  $500\text{—}800 \text{ кг/(м}^2 \cdot \text{ч)}$ . Влажность осадка, получаемого на ленточном вакуум-фильтре, составляет  $21\text{—}23\%$ , что ниже, чем на барабанных вакуум-фильтрах, на  $2\text{—}3\%$ . При использовании пара влажность осадка снижается до  $18\text{—}19\%$ ; расход пара составляет  $2\text{—}4 \text{ м}^3 \text{ т/ч}$ .

Сгущение отходов флотации осуществляется с применением флокулянта в радиальном сгустителе фирмы «Ведаг». Нагрузка на радиальный сгуститель достигает  $2000 \text{ м}^3/\text{ч}$ , удельная —  $6 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$ . Плотность сгущенного продукта находится в диапазоне  $500\text{—}700 \text{ кг/м}^3$ .

Для обезвоживания сгущенных отходов флотации применяются три ленточных фильтр-пресса «Андриц» с шириной ленты  $3,5 \text{ м}$ . Производительность одного фильтр-пресса  $10 \text{ т/ч}$ , влажность обезвоженного осадка  $25\text{—}35\%$ .

Для интенсификации процесса обезвоживания используются анионоактивные (расход до  $500 \text{ г/т}$ ) и катионоактивные (расход до  $2500 \text{ г/т}$ ) флокулянты. Обезвоженные отходы флотации смешиваются с крупной породой в смесительном бункере, откуда автомобилями вывозятся на плоский отвал. Отвал после отсыпки обязательно рекультивируется и засаживается деревьями или кустарником.

Полученные товарные продукты отгружаются потребителям через бункеры.

Системы регулирования, управляющие технологическими процессами, обеспечивают работу фабрики в автоматическом режиме.

Опыт эксплуатации обогатительной фабрики шахты «Лобберг» показал, что однопоточность технологической системы не только сокращает число применяемого оборудования, но и уменьшает энергоемкость производства. В результате снижаются капитальные и эксплуатационные затраты, упрощается схема автоматизации и управления.

Обогатительная фабрика «Роклик» компании «Истерн ассоушиейтед коул» (США) производительностью  $1200 \text{ т/ч}$  обогащает энергетический уголь. Продуктами обогащения являются концентрат, частично обогащенный уголь, необогащенный уголь и смесь концентрата с рядовым углем. На фабрику уголь доставляется автосамосвалами. С двух складов, где раздельно хранится уголь из различных пластов, он конвейером подается на роторную дробилку, где измельчается до крупности  $100 \text{ мм}$ , а затем конвейером подается на фабрику. Обогащение осуществляется в двух отсадочных машинах. Концентрат обезвоживается на двух двухситных грохотах.

Уголь крупностью  $+13 \text{ мм}$  поступает в дробилку. Надрешетный продукт подается конвейером на склад готовой продукции, а затем загружается в вагоны. Подрешетный продукт обезвоживается в центрифугах, после чего конвейером подается на склад сборного концентрата. Породы удаляются в  $250\text{-тонный}$  бункер, откуда самосвалами вывозится в отвал. Мелкий уголь крупностью  $-13 \text{ мм}$  из зумпфа подается в классифицирующие циклоны, где разделяется на следующие классы:  $6\text{—}13 \text{ мм}$ ,  $0\text{—}6 \text{ мм}$ , затем на обезвоживающие дуговые сита, центрифуги и далее на конвейер для концентрата. Две более мелкие фракции поступают на отдельные дуговые сита, а затем на центрифуги. Материал крупностью  $0\text{—}0,15 \text{ мм}$  поступает на флотацию. Флотоконцентрат обезвоживается на дисковых вакуум-фильтрах. Контроль зольности концентрата производится непосредственно на конвейерах с помощью ядерных анализаторов. При отклонении зольности угля от заданной автоматически включается звуковая сигнализация и одновременно с помощью компьютера корректируется плотность разделения в отсадочных машинах. На фабрике имеются два склада для концентрата вместимостью по  $48 \text{ тыс. т}$ . Отходы флотации вначале обрабатываются в радиальном сгустителе, слив которого подается в оборот, а сгущенный продукт поступает в наружный отстойник, а из него отходы периодически вывозятся в отвал.

В последние  $10\text{—}15$  лет в США наибольшее признание получили углеобогащательные фабрики производительностью  $90\text{—}270 \text{ т/ч}$  для обогащения рядового угля крупностью до  $0 \text{ мм}$  с использованием тяжелосредних циклонов. Эти фабрики обладают такими важными преимуществами, как низкие первоначальные капиталовложения ввиду отсутствия необходимости в обесшламливании исходного угля, использование модульного принципа сооружения отделений с увеличением в случае

необходимости числа модулей, возможность эффективного обогащения в одном и том же тяжелосреднем циклоне как мелкого угля крупностью вплоть до 0,07—0,10 мм, так и фракций крупностью свыше 0,6 мм.

Однако указанные фабрики имеют и ряд недостатков. Так, допустимый верхний предел крупности исходного угля ограничен размерами циклона и, как правило, составляет 38,1—50,8 мм. Измельчение рядового угля до такой крупности неизбежно приводит к увеличению содержания в исходной подаче фракций угля крупностью 0—0,6 мм или 0—0,15 мм. Это, в свою очередь, является причиной дополнительных потерь угля, размеры которых зависят от нижнего предела крупности обогащенного продукта.

Кроме того, широкий диапазон крупности исходной подачи при обогащении до 0 мм отрицательно сказывается на эффективности самого процесса обогащения, поскольку доля среды разделения регулируется с учетом всех классов крупности, представленных в исходной подаче.

К числу недостатков следует отнести также высокий расход магнетита, иногда превышающий в 5 раз уровень расхода магнетита на обогатительных фабриках с обесшламливанием исходной подачи. Наблюдается повышенное загрязнение среды разделения из-за проникновения в больших количествах в концентратах магнитного сепаратора мелких глинистых фракций, если не применять мер по предотвращению этого явления.

Обогатительная фабрика «Таронг» (Австралия). Рядовой уголь, поступающий на обогатительную фабрику, разгружается через колосниковый грохот для отделения негабарита с шириной щели 700 мм в приемный бункер вместимостью 500 т. Уголь крупностью менее 700 мм из бункера подается с помощью вибропитателя на конвейер с шириной ленты 2000 мм, который направляет его на грохот с отверстиями размером 75 мм для отделения крупных фракций. Надрешетный продукт поступает в две роторные дробилки. Измельченный уголь после дробилок совместно с подрешетным продуктом грохота направляется либо непосредственно на конвейер для готового продукта, либо на склад рядового угля.

Рядовой уголь укладывается в штабели отвалообразователем с использованием веерообразной отсыпки. Полезная вместимость штабеля 14 тыс. т (предусмотрена возможность ее увеличения до 100 тыс. т при номинальной высоте 18 м). Для отгрузки угля применяют две установки плужкового типа производительностью 900 т/ч каждая.

Углеобогажительная фабрика состоит из двух модулей производительностью по 900 т/ч. Имеются два технологических потока — для угля крупных и мелких классов с аналогичными схемами обогащения с использованием отсадочных машин (рис. 29).

Уголь из питателя поступает на грохот размерами  $2,95 \times 8,55$  м с отверстиями сит размером 13 мм.

Надрешетный продукт крупностью 13—75 мм и подрешетный продукт крупностью 0—13 мм с помощью конвейеров направляется в аккумулирующие бункеры для крупного и мелкого

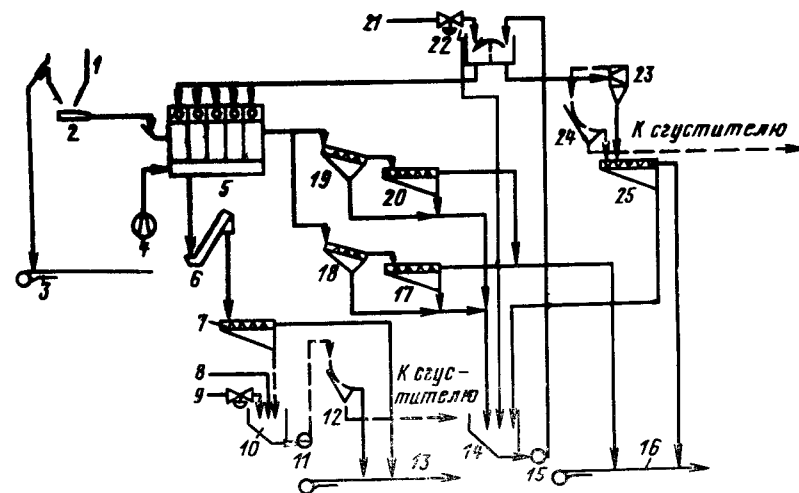


Рис. 29. Модульное отделение для обогащения угля крупных классов на ОФ «Таронг»:

1 — аккумулирующий бункер; 2 — вибропитатель; 3 — обходной конвейер; 4 — воздуходувка; 5 — отсадочная машина; 6 — ковшовый элеватор для отходов обогащения; 7 — обезвоживающий грохот; 8 — уголь мелких классов; 9 — осветленная вода; 10, 14 — зумпфы; 11 — насос для отходов обогащения; 12 — криволинейный грохот; 13 — конвейер для отходов; 15 — насос для перекачивания воды в напорный бак отсадочной машины; 16 — конвейер для обогащенного продукта; 17, 20 — обезвоживающие грохоты; 18, 19 — неподвижные грохоты; 21 — осветленная вода; 22 — напорный бак отсадочной машины для угля крупных классов; 23 — классификационный циклон; 24 — криволинейный грохот; 25 — обезвоживающий грохот

угля, откуда они поступают непосредственно на обогащение.

Уголь, не подлежащий обогащению, подается на обходной конвейер. Объем необогащенного угля можно изменять путем регулирования подачи его из аккумулирующих бункеров в отсадочные машины.

В технологическом потоке для угля крупных классов уголь из аккумулирующего бункера с помощью двух вибропитателей производительностью 600 т/ч загружается в отсадочную машину с нижней подачей воздуха, имеющую 7 отделений. Техническая вода поступает из напорного бака.

В четвертом и седьмом отделениях машины имеются гидравлические разгрузочные люки, через которые отходы обогащения попадают в башмак ковшового элеватора, а затем на обезвоживающий горизонтальный двухситовой виброгрохот шириной 2,1 м и длиной 4,8 м.

Размеры отверстий верхнего проволочного сита 25 мм, ниже представляет собой решетку с клиновидными колосниками с шириной щелей 0,75 мм.

Верхний продукт грохотов — обезвоженный материал крупных классов — поступает на конвейер для отходов обогащения. Нижний продукт после обезвоживающих грохотов направляется в зумпф, откуда, пройдя криволинейный грохот для отделения крупных фракций, поступает в сгуститель для отходов обогащения.

Обогащенный продукт крупных классов из отсадочной машины поступает в два желоба, каждый из которых работает совместно с двумя последовательно установленными обезвоживающими грохотами, из которых первый неподвижный, а второй вибрационный. После грохотов обезвоженный обогащенный уголь поступает на конвейер для готового продукта.

Нижний продукт обезвоживающих грохотов самотеком направляется в зумпф, откуда через систему рециркуляции перекачивается в напорный бак отсадочной машины для угля крупных классов. Дополнительно сюда подается необходимое количество осветленной воды. Осевший продукт из напорного бака поступает в установку из пяти циклонов диаметром 380 мм с крупностью разделения 125 мм. Нижний продукт циклонов обезвоживается на грохоте размерами 1,2×3 м, угол наклона грохота в месте поступления угля 5°. Размер отверстий грохота 0,5 мм. Обезвоженный уголь поступает на конвейер для обогащенного продукта. Слив циклонов направляется через криволинейный грохот для отделения более крупных фракций в сгуститель для отходов обогащения.

В технологическом потоке для угля мелких классов уголь из аккумулирующего бункера поступает через два вибропитателя со скоростью 500 т/ч в отсадочную машину шириной 6 м, состоящую из четырех отделений.

Отходы обогащения большой крупности разгружаются с помощью гидравлического устройства. Более мелкий материал выгружается из двух отделений с полевошпатовой постелью (крупность полевого шпата 35×45 мм). Отходы обогащения собираются в ковшом элеваторе, разгружающемся на обезвоживающий горизонтальный виброгрохот с габаритами 3×4,8 м и размером отверстий 0,5 мм. Обезвоженные отходы обогащения небольшой крупности поступают непосредственно на породный конвейер.

Обогащенный уголь из отсадочной машины поступает в два желоба, каждый из которых работает вместе с двумя последовательно расположенными обезвоживающими грохотами — неподвижным и вибрационным. Размеры виброгрохотов 3×4,8 м. Уголь с каждого виброгрохота поступает в вибрационную центрифугу. Обезвоженный уголь мелких классов разгружается затем на конвейер для обогащенного угля.

Нижний продукт обезвоживающих грохотов для мелкого угля стекает в зумпф, откуда насосами перекачивается в классификационные циклоны диаметром 380 мм. Циклоны установлены в два ряда (по 7 циклонов в ряду) параллельно друг другу. Нижний продукт циклонов обезвоживается на грохотах размерами 1,8×3,6 м. Сита грохотов имеют отверстия размером 0,5 мм. Обезвоженный уголь направляется на конвейер для готового продукта.

Слив классификационных циклонов по системе рециркуляции направляется в соответствующий напорный бак отсадочной машины. Осадок самотеком направляется в сгуститель через криволинейные грохоты для отделения более крупных фракций. В напорный бак для отсадочной машины для угля мелких классов дополнительно поступает необходимое количество осветленной воды.

Уголь после обогащения и уголь с обходного конвейера, прошедший только сортировку, разгружаются на один общий отгрузочный конвейер производительностью 1880 т/ч для конечного продукта, а затем направляются в бункер вместимостью 1200 т, расположенный над конвейером, непосредственно доставляющим топливо на теплоэлектростанцию.

Отходы обогащения с фабрики направляются в отвал конической формы четырьмя последовательно расположенными конвейерами. Вместимость отвала 34 тыс. т; при использовании передвижного оборудования вместимость отвала может быть увеличена до 100 тыс. т.

Слив циклонов, представляющий собой высокозольный илистый шлам, попадает в сгуститель диаметром 45 м по открытому желобу. Осевший продукт сгустителя, содержащий до 30% твердых частиц, перекачивается на расстояние 2,3 км двумя двухступенчатыми насосами в отходохранилище. Осветленная вода из отходохранилища вместе со сливом сгустителей по системе рециркуляции направляется в напорные баки для отсадочных машин.

Штат обогатительной фабрики состоит из 34 человек: 18 человек производственного персонала, работающего по трехсменному графику (в том числе лица надзора, руководящий персонал и 6 операторов систем управления и контроля) и 16 человек заняты на ремонтных работах. В случае необходимости к ремонтным работам могут быть привлечены рабочие из мастерских разреза.

Применение современных систем контроля и управления производственными процессами обеспечивает эффективную работу обогатительной фабрики. Для контроля качества обогащенного угля и технологического режима обогатительной фабрики используют систему управления и контроля «Коулскэн 4500», работающую вместе с автоматической системой отбора проб.

## ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ

### ЭЛЕКТРИФИКАЦИЯ ШАХТ

В течение 70—80-х гг. происходило непрерывное интенсивное наращивание установленных мощностей на подземных работах, что объясняется дальнейшей концентрацией работ, повышением суточной нагрузки на лаву, удлинением транспортных путей, переводом потребителей пневмоэнергии на электрическую, быстрыми темпами механизации горно-подготовительных работ, увеличением глубины горных работ, что, в свою очередь, вызывает повышенный расход мощности вентиляционных и подъемных установок и большие затраты на климатизацию шахтной атмосферы.

В этом отношении наиболее характерен пример шахт ФРГ, имеющих наиболее высокую среднесуточную добычу угля. Например, на шахте «Остерфельд», объединившейся в 1988 г. с шахтой «Лоберт», при росте за 10 лет (до объединения) среднесуточной добычи в 1,6 раза и глубине разработки до 1250 м мощности возросли с 13,2 МВт в 1970 г. до величины, превышающей 40 МВт, т. е. в 3 раза; потребление электроэнергии увеличилось с 18,3 млн кВт·ч до 60 млн кВт·ч и более (рост в 3,3 раза).

Наибольшие затраты приходятся на транспорт, подъем, вентиляцию и водоотлив. Значительные затраты на транспорт по горизонтальным выработкам определяются непрерывным интенсивным удалением очистных работ от главного ствола. Так, на той же шахте «Остерфельд» за 10 лет это расстояние почти удвоилось и превысило 8,5 км. Энергопотребление очистных работ составляет менее 10% общего потребления электроэнергии. Тем не менее мощность электрооборудования лавы возрастает также быстрыми темпами.

Мощности электрооборудования лавы на пластах выше средней мощности и при длине лав 250 м и более составляют в настоящее время (при суточной добыче, превышающей 5—6 тыс. т угля, а в отдельных случаях достигающей 14—15 тыс. т) 1200—2000 кВт и выше. Одновременно непрерывно нарастает единичная мощность привода.

Наглядно характеризуют прирост мощностей приводов выемочных машин данные за 15 лет, приводимые в научно-технической литературе ФРГ. За 15 лет, с 1970 до 1985 г., средняя установленная мощность выемочных машин в ФРГ возросла со 136 до 310 кВт, т. е. примерно в 2,2 раза. А к началу 90-х гг. средняя мощность выемочного комбайна электродвигателя одного шнека возросла до 450 кВт при двух двигателях подачи мощностью по 25 кВт. Причем, если в 1970 г. в угольной промышленности ФРГ комбайны с энерговооруженностью 200 кВт

составляли 1% общего числа работающих машин, то уже в 1980 г. их стало 60%. В ФРГ на тонких пластах в 1986 г. введены комбайны с мощностью привода 335 и 435 кВт, а 45% машин в ФРГ имели привод мощностью уже до 511 кВт.

В Великобритании энерговооруженность комбайнов за 25 лет возросла с 55 до 300 кВт. В Польше мощность электродвигателей комбайна составляет 150—620 кВт. Средняя мощность электродвигателей в 105 длинных забоях США составляет 250—400 кВт и в отдельных случаях — 700 кВт. При этом достигается среднесуточная устойчивая добыча 9—11 тыс. т. К концу 80-х гг. мощности комбайновых двигателей возросли в еще большей степени и составляли 2×300, 750 и 1000 кВт. Электродвигатели подобной мощности для выемочных комбайнов выпускаются в ряде европейских стран и США.

Фирма «Эйкгофф» (ФРГ) выпускает комбайн EDW-300/760L с двухдвигательным приводом 2×380. На комбайне также установлено дробильное устройство с двигателем мощностью 380 кВт. Выпуск комбайнов мощностью до 2×300 кВт начинается в КНР.

Следует отметить высокую эффективность использования мощности привода выемочных машин. Так, при мощности электродвигателей очистных комбайнов 350—500 кВт достигается в ряде случаев суточная нагрузка 5—6 тыс. кВт.

Комбайном AM-500 в 1980 г. на шахте «Ангус Плейс» в штате Новый Южный Уэльс (Австралия) был поставлен рекорд страны — добыто 34 051 т угля за неделю, лучший суточный результат составил 7579 т. Рост мощностей — один из важных факторов, обеспечивших увеличение нагрузки на забой в 1,7 раза за тот же период. Однако рост мощности приводов постоянно опережает рост производительности. В то же время постоянно опережает рост производительности очистных забоев. Причем данный показатель повышается с ростом суточной нагрузки на лаву. За рассматриваемые 15 лет удельная мощность выемочных машин возросла с 13,6 до 18,3 кВт на 100 т суточной добычи по товарному углю.

Из-за быстрых темпов роста мощностей оборудования и расстояний передачи электроэнергии в подземных выработках, а также из-за увеличения длины лавы возникла необходимость устройства сетей большой пропускной способности и увеличения напряжения электрооборудования лавы.

В 60—70-х гг. в зарубежной угольной промышленности произошел переход на напряжение 950—1140 В (в тех случаях, когда это целесообразно). Повсеместно выпускается электрооборудование на напряжение 660/1140 В. При этом в зависимости от производственной необходимости переключение оборудования на то или иное напряжение может производиться непосредственно в шахте.



По оценке английских специалистов, применение напряжения 500 В эффективно при нагрузках до 250 кВт, 1140 В — при нагрузках до 500 кВт. Поэтому в основных угледобывающих странах разрабатывается и начинает применяться для забойного оборудования напряжение 3,3; 4,2 и 5,0 кВ.

Первый опыт промышленного применения электрооборудования выемочных комбайнов на высокое напряжение (4,2 кВ) был осуществлен в США на одной из шахт в штате Нью-Мексико еще в середине 50-х гг. Однако в тот период мощности электропривода комбайнов были значительно ниже. И поэтому высокое напряжение могло эффективно применяться только в единичных случаях. В первой половине 80-х гг. наступило время практической реализации данной идеи.

Забойное оборудование на напряжение 3,3 и 4,2 кВ освоено выпуском в Великобритании, ФРГ, США. Оборудование английского производства на 3,3 кВ длительное время эксплуатировалось на ряде каменноугольных шахт ЮАР и обеспечивало питание лав с недельной добычей более 60 тыс. т. При этом трансформаторы располагались на расстоянии около 2 км от лавы в оптимальной точке и питали оборудование мощностью до 1500 кВт и более (при мощности электродвигателей комбайнов до 750 кВт и забойных конвейеров до 600 кВт).

В США в большинстве новых длинных забоев (при длине порядка 300 м и более) начинает работать электрооборудование на напряжение 2,3 и 4,2 кВ при мощностях приводов комбайна 350—450 кВт и конвейеров от 1×350 до 2×450—500 и 3×350 кВт.

Фирмой «Майнинг контрол» (США) создан комплект оборудования на напряжение 4,2 кВ, который в 1985 г. находился в эксплуатации на шахте «Игл» (штат Колорадо) в лаве на пласте средней мощностью 4 м. В состав комплекта входил комбайн АМ-500 с двумя двигателями исполнительных органов и двигателями подачи. Применение данного комбайна обеспечило высокую производительность до 136 т. Суммарная мощность одновременно работающих комбайна, конвейера и дробильной установки превышала 1150 кВт.

В 1986 г. в ФРГ введены в эксплуатацию электродвигатели очистных комбайнов с рабочим напряжением 3 кВ.

В соответствии с этим в ФРГ и Великобритании выпускаются не только электрооборудование лавы, но и участковые силовые трансформаторы в разном исполнении: с двумя выходами или имеющие возможность переключения на два напряжения с низкой стороны. Применение напряжения 3—5 кВ позволит увеличить мощность оборудования очистных участков до 2—3 тыс. кВт.

Вместе с тем задача использования высокого напряжения в лаве требует осуществления ряда дополнительных эффективных мер защиты, и данный вопрос к началу 90-х гг. нельзя считать

окончательно решенным, за исключением отдельных случаев и наиболее благоприятных условий (в частности, на пластах большой мощности).

Для обеспечения устойчивого энергоснабжения в ряде стран (Франция, ФРГ и др.) применяется напряжение распределительных высоковольтных сетей не более 11 кВ.

Опыт перехода с 5—6 кВ на напряжение 10 кВ дал весьма существенные результаты. Например, на одной из шахт ФРГ такой перевод за счет уменьшения потерь при передаче дает экономию порядка 300—500 тыс. марок в год. Экономия обеспечивается как по капитальным затратам, так и по эксплуатационным расходам, но еще более существенно стабильность напряжения, которая отмечена везде, вплоть до наиболее отдаленных пунктов. Так, вращающий момент короткозамкнутых двигателей возрос примерно на 17%. Даже в случаях тяжелой нагрузки, например, при остановке под нагрузкой комбайнов с приводом мощностью 340 кВт или соответственно струговых установок мощностью 2×200/66 кВт либо забойных конвейеров, это не приводило к отключению устройств управления и контроля, как это часто имело место в сети 6 кВ. Благодаря значительному увеличению минимального тока двухполюсного короткого замыкания появилась возможность четко отделить уставку замыкателей от максимальных пусковых токов мощных короткозамкнутых двигателей и таким образом избежать ложных отключений.

Ранее при значительных колебаниях напряжения в сети 6 кВ (6,3 кВ — незагруженная сеть; 5,5 кВ — перегруженная сеть), которые имели место на наиболее протяженных тупиковых фидерах 11 км, систематически из-за значительного повышения напряжения происходило отключение электрических устройств в периоды, когда значительная часть горного оборудования не работала. Это особенно характерно для трансформаторов цепей управления, питания искробезопасных устройств, катушек в цепях управления и ламп накаливания. Теперь подобные неполадки не имеют места.

При этом может быть повышена безопасность, несмотря на увеличение напряжения, не в последнюю очередь благодаря применению соответствующих кабелей и проводов и их ответственных элементов, а также благодаря использованию оборудования, имеющего высокий технический уровень. Эффективность подобного мероприятия проявляется особенно при вскрытии новых выемочных полей. При данных обстоятельствах оказывается экономически оправданной и замена существующих сетей как 5 кВ, так и 6 кВ, особенно при необходимости передачи больших мощностей на значительное расстояние.

**Повышение эффективности энергоиспользования и энергосбережение.** В основных угледобывающих странах осуществляется комплекс работ, направленных на повышение эффектив-

ности энергообеспечения и энергоснабжения. С этой целью вводятся в строй вспомогательные электроустановки, работающие на каптируемом метане. Так, на шахте «Хуго» (ФРГ) действует установка мощностью 6500 кВт. Финская фирма «Вяртсиля» создала полностью автоматизированную силовую газодизельную установку электрической мощностью 2500 кВт и тепловой мощностью 2700 кВт.

Ведутся работы и внедряются средства учета контроля и регулирования электропотребления, снижения потерь в электрических сетях, двигателях и преобразователях.

Устройства контроля и учета размещаются в распределительных устройствах передвижных подстанций. Так, фирма «Браш» (Великобритания) выпускает взрывозащищенную передвижную подстанцию с трансформатором 6000/1140, 550 В, мощностью до 1250 кВ·А, обеспечивающую питание пяти фидеров. На каждом фидере с низкой стороны устанавливается счетчик.

Работы по снижению потребления электроэнергии ведутся по следующим направлениям: разработка электродвигателей с высоким КПД, создание регуляторов cos  $\phi$  (так называемые плавные пускатели), а также применение преобразователей частоты для регулирования частоты вращения и установок по компенсации реактивной мощности. Повысились требования к подбору электродвигателей в соответствии с потребляемой мощностью, а также выбору режимов работы, позволяющих до минимума сократить время холостого хода. Ведется подбор соответствующих по сечению кабелей. Используются трансформаторы с малыми потерями холостого хода.

Решение данных задач существенно облегчается весьма широким выбором типов и типоразмеров оборудования, предлагаемых фирмами-изготовителями Великобритании, Франции, ФРГ и других стран.

Одно из направлений экономии энергии — регулирование подачи воздуха в шахту. В частности, на шахте «Мертир» (Великобритания) достигнуто сокращение потребления электроэнергии на 38% за счет установки регулятора частоты вращения вентиляторов.

Важнейшей задачей в области повышения эффективности энергоснабжения является компенсация реактивной мощности. Компенсирующие установки ко второй половине 80-х гг. были разработаны в ФРГ и США, Польше и других странах как для отдельных видов оборудования, групп его, так и для центральной установки. Разработаны и проверены на практике установки для автоматического регулирования реактивной мощности, которые обеспечивают резкое снижение пусковых токов высоковольтных короткозамкнутых электродвигателей переменного тока. При этом устраняются имевшие место значительные

падения напряжения в сети при запуске мощных электродвигателей.

Реактивная мощность может быть компенсирована с помощью батарей конденсаторов или синхронных конденсаторов.

Технико-экономическое сравнение синхронных конденсаторов с батареями конденсаторов показывает, что первые только в отдельных случаях могут экономически конкурировать с батареями конденсаторов. Самый большой запас реактивной мощности, не использованной для компенсации, находится в синхронных двигателях, приводящих в движение вентиляторы главного проветривания. Но из-за специфики их работы они не могут использоваться в качестве конденсаторов. Основными компенсаторами реактивной энергии являются батареи конденсаторов, установленные в распределительных станциях высокого напряжения на поверхности. Эти батареи чаще всего распределены на две и три секции, которые с помощью выключателей мощности выключаются или включаются в определенное время.

Важные преимущества батарей конденсаторов: длительный срок службы, малое внутреннее энергопотребление, простота монтажа и обслуживания, возможность децентрализованной установки, относительная несложность расширения.

**Трансформаторы. Распределительные устройства высокого напряжения.** При разработке передвижных трансформаторных подстанций для подземных работ используются технические возможности электрооборудования в обычном исполнении.

Преимущественное распространение имеют сухие трансформаторы с заполнением инертным элегазом ( $\text{SF}_6$ ), располагающиеся в цилиндрических взрывонепроницаемых гофрированных оболочках из стандартных гофрированных труб (ФРГ) или в прямоугольных оболочках (Великобритания, фирма «Браш»). Цилиндрическое исполнение обеспечивает высокую технологичность, взрывоустойчивость при малой толщине стенок.

Применяется кремнийорганическая и литая изоляция.

Магнитопроводы выполняются из холоднокатаного трансформаторного листа с ориентированными зернами, межлистовая изоляция сердечника достигается оксидной пленкой и допускает работу при высоких температурах. При этом, например, в трансформаторах фирмы «Элин Унион» (Австрия) при толщине листа 0,27 мм и индукции 1,5 Тл потери в магнитопроводе составляют 0,89 Вт/кг. Шихтовка магнитопровода выполнена с косыми стыками листов, вертикальные стержни магнитопровода выполнены склейкой листов, замыкающие части имеют стальные накладки и стяжные болты. Особое внимание обращено на качество изоляции. Обмотки высокого и низкого напряжения имеют изоляцию класса Н с допустимой температурой 180°С. В качестве изоляции используют бумагу из ароматического полиамида, стекловолокно и материалы на слюдяной основе.

Ряд мер, в том числе заполнение обмоткой всей высоты окна и спекание обмоток при сушке в жесткую систему, обеспечивают хорошее восприятие обмотками усилий, возникающих при коротком замыкании, и их передачу на всю стягивающую конструкцию выемной части трансформатора.

При напряжении с высокой стороны 5—6 кВ обмотка высокого напряжения легко выдерживает испытательное напряжение 15 кВ, а обмотка низкого напряжения — 3 кВ. При испытаниях напряжением до 150% номинального отсутствуют признаки поверхностных разрядов. Мощности трансформаторов колеблются в широких пределах — от 600 кВ·А и выше. Достаточное распространение имеют трансформаторы мощностью 1000 кВ·А.

Для особо высокопроизводительных лав с установленной мощностью оборудования свыше 1,5 тыс. кВт используются трансформаторы соответствующей мощности.

В распределительных устройствах повсеместно применяют вакуумные высоковольтные дугогасительные камеры. Благодаря низкому напряжению горения дуги в парах металла контактов контакты в меньшей степени подвержены разрушению, чем у выключателей, размыкающих ток в газовой среде. Вакуумный выключатель выдерживает до 50 отключений полных коротких замыканий. Малые величины раствора контактов, размыкание токов без открытого дугообразования позволяет строить надежные, безопасные вакуумные выключатели малых габаритов с небольшим объемом обслуживания.

Примером такой высоковольтной взрывозащищенной вакуумной ячейки является распределительное устройство «Мивак», длительное время выпускаемое фирмой «Хайг Вольтаж Свитч-гир» (Великобритания). РУ выпускаются в качестве вводных, секционных фидерных ячеек и для компоновки с передвижными трансформаторами с моторными или ручными приводами. Наиболее типичные параметры:

Напряжение, кВ . . . . .	7,2	6,6	12	11
Номинальная сила тока, А . . . . .	400	400	500	500
Максимальная сила отключаемого тока, кА . . . . .	12	—	12	—
Разрывная мощность, МВ·А . . . . .	—	150	—	250

Высоковольтные вакуумные ячейки имеют электронную систему защиты от перегрузок с уставками от 10 до 400 А от короткого замыкания и утечек на землю с уставкой до 5 А и выдержкой времени от 0,25 до 1,5 с. Существенным недостатком вакуумных выключателей является склонность вызывать значительные коммутационные перенапряжения, борьба с которыми требует специальных мер. Однако отсутствие открытого дугообразования, высокий ресурс и простота в обслуживании окупают эти дополнительные затраты.

Фирмы-изготовители Великобритании, Франции, Бельгии,

ФРГ производят высоковольтные коммутационные аппараты, где ячейка распределительного устройства может оснащаться силовыми выключателями по выбору: с масляным дутьем или вакуумными. Такие аппараты выпускает, например, фирма «Калор-Эмаг» (ФРГ). Они охватывают область до номинальных значений напряжения 12 кВ, силы тока 630 А, силы тока на сборных шинах 1250 А, силы разрывного тока — 22,5 кА и разрывной мощности — 375 МВ·А.

**Привод горных машин.** Технологические процессы при подземной добыче, как указано выше, весьма энергоемки. Показатель энергоемкости в большой степени зависит от вида приводов, применяемых в машинах и устройствах для выемки, транспорта, водоотлива, проветривания и др. Большинство этих приводов работает в повторно — кратковременном режиме, требует частых пусков, изменения скорости и торможения. Это определяет типы привода, применяемого в тех или иных процессах и оборудовании.

В современных условиях происходит качественное изменение задач. При выборе привода в предшествующий период при относительно незначительной энерговооруженности важнейшей задачей было максимальное использование мощности. В настоящее время на первый план выходят задачи создания оптимальных режимов, получения максимальной производительности в наиболее сложных условиях и обеспечения работы привода в экстремальных условиях. Так, опережающий рост установленной мощности очистного оборудования создает необходимый резерв для пиковых нагрузок и возможности дальнейшего повышения суточной нагрузки на лаву.

Вместе с тем имеют место и отрицательные результаты. Если мощность двигателей превышает требуемую, то больше энергии преобразуется в тепловую, что ухудшает климатические условия, особенно при переходе на глубокие горизонты. Помимо того, повышение мощности привело к увеличению габаритов и массы привода.

На различном технологическом оборудовании в зависимости от режимов работы находит применение как нерегулируемый, так и регулируемый привод. В 80-е гг. большое распространение на ряде процессов получил электропривод с переменной скоростью вращения. Так, выемочные комбайны имели нерегулируемый привод резания и регулируемый привод подачи, т. е. использовали классическую схему регулирования режима резания, обеспечивающую либо максимально возможную на каждом данном участке лавы наибольшую общую производительность при постоянном моменте и постоянной мощности на валу электрического двигателя, либо постоянную производительность по всей длине лавы при неполной загрузке двигателя на участках с меньшим сопротивлением угля резанию.

Работа комбайна осуществляется в первом случае при

постоянной скорости резания и переменной скорости подачи, а во втором — при постоянных скоростях резания и подачи. Наиболее распространен режим работы комбайна, скомбинированный из предыдущих двух режимов.

В приводе исполнительного органа **выемочного** комбайна используются нерегулируемые короткозамкнутые асинхронные двигатели с водяным охлаждением статора. Благодаря этому мощность двигателей в 2—3 раза выше, чем при воздушном охлаждении, при условии сохранения их габаритов (главным образом — по высоте) и допустимого числа включений.

В ФРГ наметилась тенденция к использованию в системе подачи регулируемого электропривода. Комбайны с электрической подающей частью внедряются с 1979 г. Фирма «Эйкофф» выпустила комбайн EDW-150-2L с двумя асинхронными двигателями резания и двумя двигателями постоянного тока независимого возбуждения мощностью по 23 кВт, питаемыми от тиристорного преобразователя, для бесцепной подачи. Регулирование скорости подачи осуществляется изменением напряжения, путем регулирования тириستоров преобразователя.

Регулируемый электропривод подачи благодаря быстрому реагированию на управляющие сигналы наиболее эффективен для обеспечения автоматизированного режима резания. Появилась принципиальная возможность программно-автоматического управления, обеспечивающего работу комбайна без присутствия человека в лаве. Алгоритм автоматического управления резанием включает в себя быстрый (в течение 1 с) отвод комбайна от забоя при резкой перегрузке двигателей резания, исключающий опрокидывание.

Таким образом, нерегулируемый электропривод резания и регулируемый электрический, объемный гидравлический и механический приводы подачи обеспечивают необходимые режимы резания.

Вопросы регулирования скорости резания угольных комбайнов практически не поднимаются.

Для обеспечения оптимальных условий работы привода **выемочных** машин в ФРГ, начиная с середины 80-х гг., идут **интенсивные** испытания комбайнов с несколькими (до 5) **электродвигателями**, каждый из которых обеспечивает работу определенного механизма исполнительного органа, подачи, гидросистемы.

Направлением, способствующим дальнейшему повышению габаритной мощности электродвигателей, является создание асинхронных двигателей с водяным охлаждением как статора, так и ротора через его полый вал.

Примером, характеризующим техническую политику в области охлаждения рудничных электродвигателей, является ряд взрывозащищенных двигателей фирмы «Браун Бовери» (Швейцария). Двигатели малой мощности (до 55 кВт) выпускаются

без внешнего обдува, с конвективным охлаждением ребристого корпуса, с поперечным расположением охлаждающих ребер (тип dQka). Большая постоянная времени обеспечивает этим двигателям высокую перегрузочную способность. Двигатели средней мощности (от 55 до 160 кВт) имеют внешний обдув корпуса, выполненного с продольными ребрами, и могут переключаться на напряжение 500 и 1000 В (тип dQUS). Двигатели следующей ступени мощности (от 160 до 315 кВт) имеют водяное охлаждение статора (тип dQW) и комбинированное водяное охлаждение статора и вала ротора (тип dQWW).

Для бесперебойной работы лавы необходимы дальнейшее повышение надежности приводов, а также выбор характеристик приводов, щадящих редукторы и другие механические элементы машин. Все большее значение придается вопросу регулирования частоты вращения. Главные потребители регулируемого привода — скребковые и ленточные конвейеры и струги. Привод скребковых конвейеров и стругов должен иметь большой пусковой момент, привод ленточных конвейеров, напротив, должен обеспечивать мягкий пуск с малыми моментами. От регулирования частоты вращения ожидается снижение энергозатрат на транспортирование угля, породы, воды. Это связано не только с повышением стоимости первичных источников энергии, но и с необходимостью снижения количества теплоты, выделяемой машинами в окружающую среду. Практически 100% энергии, подводимой к добычным и проходческим машинам, к машинам, осуществляющим горизонтальное транспортирование, превращается в теплоту. Это количество теплоты составляет более 25% теплоты, которая отводится системой кондиционирования (остальные 75% — теплота земных недр). При этом задачи климатизации становятся весьма важными. В связи с этим происходит быстрый рост мощности холодильных установок. Так, в ФРГ еще во второй половине 70-х гг. установленная мощность холодильников составляла 25 МВт, а к концу 1980 г. возросла до 146 МВт. В связи с этим регулируемый привод горных машин сам по себе должен быть энергетически экономным. Регулирование скорости машин и механизмов электрогидравлическим путем (электродвигатель — гидронасос регулируемой производительности — гидромотор) дает хорошие регулировочные характеристики, но связано с большими потерями энергии из-за низкого КПД объемного гидропривода, который по опыту, полученному на монорельсовых дорогах с канатным тяговым органом, часто не превышает 50%. Это обстоятельство влечет за собой проблему охлаждения рабочей жидкости, которая может оказаться весьма громоздкой и вызвать бесполезный расход большого количества энергии. Желание получить регулируемый привод для горных машин связывается еще и со стремлением снизить износ элементов транспортных устройств, таких как скребковые конвейеры, износ цепей которых в уголь-

ной промышленности ФРГ обходится ежегодно в 50 млн марок, и в 3 раза дороже обходятся простои, связанные с заменой изношенных цепей.

Для отдельных производственных процессов, где при изменении режимов работы требуется ступенчатое регулирование (скребковые конвейеры), применяются двухскоростные асинхронные короткозамкнутые электродвигатели с переключением пар полюсов. Первоначально в ФРГ они применялись на напряжении до 1000 В, а в настоящее время начинают использоваться на напряжении до 2,3 кВ и на большие мощности (до 450/225 кВт). Эти двигатели устанавливаются и на струговых установках. Со второй половины 80-х гг. такие электродвигатели выпускаются и в Великобритании.

Наиболее перспективен асинхронный частотно-регулируемый привод. Так, фирмой «Браун Бовери» в 1981 г. разработан асинхронный короткозамкнутый электродвигатель мощностью 250 кВт, приспособленный для работы не только в сетях с синусоидальным напряжением, но и в паре с тиристорным преобразователем частоты.

Система тиристорный преобразователь — асинхронный двигатель — зубчатая передача обеспечивает при работе в широком диапазоне изменения частоты вращения КПД не менее 90%.

Рассматривая горные машины и механизмы в качестве объектов регулирования путем изменения частоты вращения, специалисты ФРГ делят их на группы, где регулирование совершенно необходимо (локомотивы, лебедки, подъемные машины), так как может повысить надежность, долговечность и снизить расход энергии, но не является технологически неизбежным (скребковые и ленточные конвейеры, насосы водоотлива, вентиляторы).

Практически в начале 80-х гг. в ФРГ система регулирования частоты вращения электродвигателей подъемных установок с использованием статических преобразователей частоты получила применение на наземных машинах. В настоящее время аналогичные электродвигатели выпущены для конвейерных линий. Однако в силу дороговизны система пока практически не получила применения.

В то же время к концу 80-х гг. более 20 подъемных установок в различных странах, в том числе несколько на особо мощных подъемах в ФРГ, работали с системой частотного регулирования.

Преобразователи частоты выпускаются в ФРГ и Великобритании. Так, фирма «Отомейшн НЛЕ электроник» (Великобритания) производит во взрывозащищенном исполнении преобразователи частоты по схеме циклоконвертора мощностью до 750 кВт и выше. Такие преобразователи дают возможность плавно регулировать частоту вращения и крутящий момент обычных асинхронных короткозамкнутых двигателей. Недоста-

ток этой системы — необходимость устанавливать на машинах двигатели примерно вдвое больше их габаритов по мощности, чем на машинах с нерегулируемым приводом. Это делает систему пригодной только для машин, где увеличение габаритов электрического двигателя не вызывает непреодолимых затруднений, например, на лебедках, подъемных машинах, ленточных конвейерах.

В 80-х гг. ряд фирм ФРГ подготовил к производству аппаратуру для частотного регулирования: «Симоверт-А» — преобразователь промежуточного контура тока мощностью от 200 до 420 кВт·А во взрывонепроницаемом исполнении; диапазон частот составляет от 2 до 50 Гц; «Симоверт-Р» — преобразователь промежуточного контура напряжения мощностью от 70 до 130 кВт·А.

Фирма «Вальтер Беккер электротехник — машиненбау-дру-кluft-техник» выпускает преобразователи и выпрямители в защитном исполнении «с продуванием под избыточным давлением» ЕЕх р 1 в соответствии с действующим стандартом. Конструктивный ряд охватывает преобразователи промежуточного контура напряжения и силы тока на номинальные мощности 100, 2×100, 170 и 350 кВт·А, а также выпрямители с одним выходом 150 В/400 А или четырьмя выходами на 150 В/160 А. В зависимости от исполнения преобразователя с помощью сетевого трансформатора, помещаемого в оболочке, продуваемой под избыточным давлением, подключаются к сети напряжением до 10 кВ.

Для компании «Саарбергверке» была поставлена приводная станция с тремя преобразователями для конвейерной установки большой длины на шахте «Энсдорф» (мощность привода — 3×400 кВт). В корпусе в исполнении ЕЕх р 1 располагаются: трансформатор, преобразователь и вся аппаратура управления. При объеме корпуса 97 м<sup>3</sup> длина приводной станции составляет 17,4 м.

Во второй половине 80-х гг. произошли дальнейшие сдвиги в области используемых материалов и создания принципиально нового типа конструкции электродвигателей. Применение высококачественных электротехнических сталей и изоляции повышенных классов позволило значительно (в отдельных случаях в 1,5—2,0 раза) увеличить мощность двигателей в тех же габаритах по сравнению с конструкциями, выпускавшимися 8—10 лет тому назад.

Как было указано в разделе «Подземный транспорт и подъем», создан и находится в эксплуатации синхронный электродвигатель, встроенный в шкив подъемной машины. Капитальные затраты и масса его почти на 80% меньше, чем у электродвигателя, консольно расположенного на валу ведущего шкива. Особенно существенная экономия получена за счет фундамента машины.

Новый ряд электродвигателей для шахтных вентиляторов охватывает асинхронные электродвигатели мощностью от 2,0 до 3,5 МВт в шести- или восьмиполусном исполнении при частоте 50 Гц и частоте вращения 1000—750 мин<sup>-1</sup>. Аксиальные вентиляторы имеют компактную конструкцию. Рабочие колеса располагаются на конце вала электродвигателя. Имеются один общий всасывающий канал, воздухораспределитель и диффузор. В случае повреждения на рабочую позицию автоматически подается второй электродвигатель нагнетательной группы, являющийся резервным агрегатом. Проветривание осуществляется бесперебойно. Регулирование объема подаваемого воздуха обеспечивается перестановкой механическим путем, с помощью гидравлики или посредством регулирования частоты вращения электродвигателей. Так как шахтные вентиляторы располагаются на исходящей струе, используются взрывобезопасные электродвигатели во взрывонепроницаемом исполнении.

Новым перспективным направлением является применение электродвигателей с постоянными магнитами. В подобном электродвигателе фирмы «ММБТ Магнет-мотор-бергбау и транспорт-техник Гмбх» (ФРГ) используются постоянные магниты из кобальта и самария. Этот материал имеет высокую остаточную магнитную индукцию и большую коэрцитивную силу.

Постоянные магниты смонтированы на вращающемся роторе. Внутри электродвигателя расположен неподвижно статор с отдельно управляемыми обмотками. По сравнению с асинхронным электродвигателем аналогичной мощности и с одинаковым диаметром оболочки данная конструкция позволяет получить и при меньшей конструктивной длине большей вращающий момент. Первый образец во взрывобезопасном исполнении был разработан для применения на лебедке напочвенной дороги. Электродвигатель с постоянными магнитами имеет номинальную мощность 110 кВт при частоте вращения 2400 мин<sup>-1</sup>. Для того чтобы частота вращения подходила для типовых лебедок, например, для лебедки Н 6000 фирмы «Дюстерло» (ФРГ) частота вращения электродвигателя редуцируется в отношении 7,5 : 1,0 путем применения одноступенчатого планетарного редуктора. С данным редуктором этот электродвигатель покрывает область частоты вращения эксплуатируемых в настоящее время гидродвигателей.

Для электродвигателя с постоянными магнитами разработано электронное устройство управления, которое со стороны переменного тока может работать при номинальном напряжении сети 1000 В. Возможно исполнение и на напряжение 500 В. В образце предусмотрено реостатное торможение. В принципе энергия торможения при помощи дополнительного регулируемого сетевого вентиляного преобразователя тока может возвращаться обратно в электрическую сеть.

Важное преимущество электродвигателей с постоянными магнитами заключается в динамике регулирования вплоть до остановки.

**Коммутационные аппараты.** Существенные изменения на протяжении последнего десятилетия претерпели коммутационные аппараты. Значительно расширены защитные функции. Коммутационные аппараты из традиционных магнитных пускателей превращаются в многофункциональные станции управления, построенные на микропроцессорной технике, оснащенные средствами передачи данных между отдельными единицами оборудования и на поверхность. Обеспечивается функционирование двух резко возросших потоков информации как со стороны машины, так и с центрального пункта для целей управления. Микропроцессор обеспечивает контроль, обработку и отображение информации, собранной от многочисленных датчиков. В микропроцессор вводятся также данные из внешних систем, таких как система управления крепью, контроль условий окружающей среды, исправности оборудования и т. д. Подобные станции управления выпускаются фирмами Великобритании, ФРГ, Франции, Австрии, Швейцарии и др.

В области подземных коммутационных аппаратов низкого напряжения основным элементом пусковой аппаратуры остаются контакторы. Наиболее перспективным направлением при этом является использование вакуумных дугогасительных камер. Последние обеспечивают возможность создания качественно новой взрывозащищенной коммутационной и защитной аппаратуры. Это достигается очень высокой электрической и механической изнosoустойчивостью вакуумных контакторов и отсутствием контакта дуги с атмосферой. Последнее не только существенно снижает вероятность возникновения взрыва, но и устраняет возникновение опасных в смысле коррозионного воздействия продуктов открытого дугообразования, характерного для обычных воздушных контакторов. Высокая изнosoустойчивость вакуумных контакторов обеспечивает построение рудничной коммутационной аппаратуры, свободной от необходимости ремонта и частого обслуживания под землей. Так, английский вакуумный контактор VA3AP 150 при разрывной способности 1200 и 2000 А, при напряжении соответственно 1100 и 550 В имеет механическую изнosoустойчивость 10 млн циклов.

Аппаратура управления выпускается в оболочках прямоугольной формы, что значительно повышает эффективность использования внутреннего пространства и обеспечивает легкую сборку ее в компактные устройства управления. В то же время применение прямоугольных оболочек вызывает необходимость повышения их массы в связи с более низкой взрывоустойчивостью оболочек с плоскими стенками по сравнению с круглыми.

Снижению массы оболочек способствует широкое применение



ние взрывозащиты типа «е» (что в первую очередь относится к вводным устройствам).

Если ранее пусковая аппаратура лавы механически объединялась в сборки, чему способствовала прямоугольная форма оболочек, сами сборки передвигались вслед за лавой на монорельсе, то в настоящее время одной из тенденций в области конструирования коммутационных аппаратов для оборудования очистных работ является создание комплексных компактных распределительных устройств. Так, фирма AEG (ФРГ) выпускает подобные устройства во взрывозащищенном исполнении типа EExd 1. В корпусе объемом 1 м<sup>3</sup> размещается силовой выключатель (1000 В, 100 А) и 8 вакуумных контакторов (1000 В, 400 А), а также все устройства защиты и контроля. Передача информации осуществляется через последовательное устройство сопряжения «Симдас ДСИ».

Следует отметить, что при этом появляется тенденция отказа от плавких предохранителей, которые отсутствуют в аппаратуре AEG. Фирма «Хансен унд Дайндерс» (ФРГ) разработала программу производства низковольтных выключателей, выполненных в соответствии с действующим стандартом в двух исполнениях. В оболочке типа HP-C2/1000 В, 1000 А размещается до четырех вакуумных контакторов, причем в данном случае максимальная токовая защита осуществляется по традиции плавкими предохранителями. Меньшая по габаритам оболочка HP-KK1/1000 В до 800 А может по выбору использоваться как станция управления освещением, блок устройства защиты, блок силовых выключателей.

За рубежом систематически ведутся работы по совершенствованию систем защиты шахтных электрических сетей и электрооборудования. Расширяются защитные функции и обеспечивается диагностика отклонений от нормальных режимов работы электрооборудования по ряду параметров. Так, в ФРГ разработано быстродействующее устройство для отключения токов короткого замыкания, которое было испытано на шахтах «Цоллферайн» и «Хаус Аден». Устройство устойчиво обеспечивает защиту как шахтных гибких кабелей, так и электрических частей установок. В ФРГ запатентовано также централизованное устройство контроля искробезопасности шахтных электрических сетей на базе микропроцессоров. Длительность опроса объектов не превышает 700 мс с автоматическим отключением поврежденного объекта.

Усовершенствованная быстродействующая система отключения шахтных сетей, построенная на бесконтактных элементах, создана также в Испании.

В связи с внедрением автоматизированных систем управления, базирующихся на микропроцессорной технике, возникла потребность в создании специальных источников питания, соответствующих требованиям эксплуатации в шахтах. Ряд

зарубежных компаний и организаций, в частности, фирма «Даути» (Великобритания), фирма «Сименс» (ФРГ), институт СЕРШАР (Франция) создали искробезопасные источники питания с малым потреблением мощности (3—12 Вт). Конструктивной особенностью данных устройств является расположение основных элементов во взрывобезопасных оболочках. Во взрывоопасную среду выходят только цепи с искробезопасными параметрами. При этом искробезопасность обеспечивается использованием специальных устройств, обуславливающих невозможность появления в выходной цепи токов и напряжений, превышающих допустимые значения.

В ряде стран ведутся работы по совершенствованию системы освещения подземных горных выработок, направленные на уменьшение размеров люминесцентных светильников для использования в забоях, повышение коэффициента светоотдачи путем применения галогенных ламп, разработку полупроводниковых преобразователей частоты для питания люминесцентных светильников током высокой частоты, позволяющим обеспечить искробезопасность линий питания.

Примером решения задачи освещения лавы люминесцентными светильниками с искробезопасными кабельными ответвлениями является осветительная система фирмы «Виктор Продаткс» (Великобритания), состоящая из магистральной кабельной линии напряжением 110 В с частотой 50 Гц. От магистральной кабельной линии питаются расположенные на каждой секции транзисторные преобразователи частоты, питающие, в свою очередь, по искробезопасным ответвлениям люминесцентные светильники мощностью 4 и 8 Вт. В лаве может быть размещено до 200 светильников.

Описанная система освещения наиболее приемлема в лавах на пластах малой мощности.

Наряду с развитием стационарного освещения продолжается процесс совершенствования средств индивидуального освещения. С середины 60-х гг. в зарубежной угольной промышленности завершился переход с ручных на головные светильники, которые более эффективны, особенно в условиях возросшей запыленности рудничной атмосферы. Для проведения ремонтных и монтажных работ, а также горноспасательных операций разработаны и применяются мощные аккумуляторные переносные светильники группового использования.

В США разработан аккумуляторный групповой светильник с полупроводниковым преобразователем частоты и люминесцентной лампой.

В индивидуальных светильниках используются свинцово-кислотные и щелочные кадмиево-никелевые аккумуляторы. Последние в процессе разрядки дают менее стабильное напряжение и более дороги, но их удельные характеристики и срок службы выше, чем у кислотных.



Ведутся работы по повышению светового потока, улучшению светораспределения, снижению массы батарей головных светильников. Удельные характеристики можно повысить, совершенствуя технологию изготовления щелочных и кислотных аккумуляторов, а также используя никель-цинковые, серебряно-цинковые, кадмиево-цинковые и литиевые аккумуляторы. Другой путь повышения удельных характеристик светильников — применение галогенных ламп накаливания, имеющих большую световую отдачу, чем простые лампы накаливания. Это преимущество начинает существенно сказываться при мощности лампы 4—5 Вт. И третий путь — использование в головных светильниках люминесцентных ламп, обладающих также большей светоотдачей, чем лампы накаливания. Разработанный фирмой «Осеан энерги» в США головной светильник с полупроводниковым преобразователем и люминесцентной лампой дал в 4 раза больше световой поток, чем светильник с лампой накаливания, при равных массе и размерах. Область применения таких светильников — ремонтные работы, когда нет необходимости в узком пучке света, освещающем предметы на большом расстоянии.

Необходимость изменения светораспределения осветительного прибора в зависимости от характера выполняемых работ обусловила разработку фирмой «Олдхэм» (Великобритания) головного светильника с перестройкой светораспределения с узкого концентрированного на диффузное за счет двухламповой светоптической системы фар этого светильника.

Относительно плохая светоотдача ламп накаливания (15 лм/Вт) или около 20 лм/Вт у галогенных ламп определили их малую перспективность для целей общего освещения. Основное внимание в разработках второй половины 80-х гг. концентрируется на газоразрядных лампах высокого давления (ртутные и натриевые лампы), которые обеспечивают световой поток от 19 до 25 тыс. лм при светоотдаче от 75 до 100 лм/Вт, а также на ртутных лампах низкого давления (люминесцентные лампы), которые применяются преимущественно в светильниках в защитном исполнении «повышенной безопасности против взрыва».

Фирма «АББ Сеаг лихт унд штромферзоргунгс-техник» (ФРГ) разработала взрывобезопасные светильники для люминесцентных ламп, в которых заменены одноцокольные лампы с внешним диаметром 38 мм (обычные светоотдача 50—60 лм/Вт и срок службы порядка 5 тыс. ч) на такие же, но с внешним диаметром 26 мм. В сочетании с электронным стартером светоотдача достигает около 90 лм/Вт, срок службы возрастает до 12—20 тыс. ч. Световой поток лампы достигает 3600 лм, и таким образом общий световой поток двухлампового светильника составляет около 7000 лм.

В целом возрастает доля светильников, допускаемых к ра-

боте в шахтах в соответствии с европейскими нормами. Фирма «Фриман унд Вольф» (ФРГ) выпускает прожектор дальнего и ближнего света во взрывозащищенном исполнении EExd1 в соответствии со стандартом. В прожекторе размещаются лампы накаливания двойного света мощностью до 75/75 Вт (стояночный свет — 52 Вт) для номинального напряжения 12 или 24 В. Прожектор соответствует требованиям ТТЛ по общей конфигурации светового луча (технические требования к шахтным локомотивам, работающим на подземных работах в каменноугольных шахтах).

Для мест, где требуется четкое разграничение света и темноты, разработан прожектор ближнего света, сила света которого достигает 25 лк на расстоянии 0,5 м ниже оси лампы и меньше 1 лк выше оси лампы (расстояние измерения — 30 м).

Фирма «Штайн унд Фендель» (ФРГ) выпускает взрывозащищенный прожектор для выемочных машин, оснащенный лампой 100 Вт/24 В во взрывозащищенном исполнении EExd1. Прожектор имеет переключаемые зажимы на напряжение 220, 500, 1000 В. Для питания устройств постоянного тока на напряжении 12 В предназначен преобразователь постоянного тока во взрывозащищенном исполнении EExd1 с входным напряжением до 108 В и номинальной мощностью до 400 Вт. При этом на электровозном транспорте возможна работа осветительных устройств от тяговых батарей.

За рубежом в широком диапазоне выпускаются шахтные гибкие кабели для обеспечения подачи электроэнергии к стационарным механизмам, в первую очередь на очистных и горно-подготовительных работах.

Новой тенденцией при этом является выпуск кабелей со встроенными световодами. Такие кабели выпускает фирма «Фельтен унд гийом энерготехник» (ФРГ). При этом исключены помехи с силовой стороны. По выбору могут быть использованы 2, 4 или 6 оптических волокон с длиной излучения соответственно 50 и 125 мкм. Величина затухания при длине волны 850 нм составляет 3,5 дБ/км и при длине 1300 нм — 1,3 дБ/км. Максимальная тяговая нагрузка провода составляет 800 Н, внешний диаметр — около 18 мм. Для передачи информации по световоду используются линейные вводы с оптическим выходом во взрывобезопасном исполнении. При длине волны 830 нм максимальная мощность излучения составляет 5 МВт/см<sup>2</sup>.

Для подачи электроэнергии в лаву шинопроводом предлагается использовать гибкие неопреновые оболочки, расположенные в закрытых каналах, по которым под давлением подается сжатый воздух, что должно исключить взрыв метана. На шахте «Саус Лестер» (Великобритания) был осуществлен эксперимент по применению комплекса данных устройств, обеспечивающих подачу энергии к очистному оборудованию с помощью специальных шин, монтируемых на раме забойного конвейера.

## ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТ

За рубежом применяются передвижные трансформаторные подстанции в широком диапазоне мощностей — от 2 до 10 тыс. кВт·А. Первичное напряжение определяется существующими в данной стране стандартами на высокие напряжения и колеблется в пределах от 24 до 138 кВ.

Практически в основном используются сухие трансформаторы. Трансформаторные подстанции оснащены вакуумными выключателями и эффективной релейной защитой.

На современных мощных экскаваторах за рубежом предпочтение отдается более высокому напряжению (порядка 10 кВ), чем в предшествующие годы. Это значительно снижает затраты на строительство и эксплуатацию систем электроснабжения и обеспечивает их надежную работу.

Повсеместно применяются кабельные распределительные сети вместо воздушных ЛЭП.

Важную роль для снижения времени простоев из-за электрооборудования играет использование специальных починочных материалов для ремонта гибких кабелей на основе термоусаживающихся и самовулканизирующихся резин и других материалов.

Машины непрерывного действия, такие как роторные экскаваторы и ленточные конвейеры, как правило, имеют нерегулируемый асинхронный электропривод; машины циклического действия, такие как драглайн и механическая лопата, — регулируемый электропривод преимущественно постоянного тока. Последний в виде системы генератор — двигатель (система ГД) начал заменяться приводом постоянного тока системы тиристорный преобразователь — двигатель постоянного тока (система ТПД). Отсутствие явных технологических преимуществ экскаваторов с приводом системы ТПД по сравнению с машинами, оборудованными приводом ГД, делает процесс замены переходом на тиристорные преобразователи вместо электромашиных. Система ГД с синхронной машиной в качестве первичного двигателя делает экскаваторы, как и любые машины, идеальными потребителями электроэнергии, которые не только не перегружают относительно маломощные сети разрывов большими толчками реактивного тока, но и сами вырабатывают реактивную мощность, необходимую для прочих потребителей разреза, оборудованных асинхронными приводами, разгружая от нее энергосистему.

Переход на систему ТПД вызвал ряд осложнений: превра-

тил экскаватор из генератора реактивной мощности в ее потребителя и в источник токов высших гармоник, неблагоприятно влияющих на остальные потребители энергосистемы. Устранение этих недостатков требует установки на борту экскаватора громоздких фильтрокомпенсирующих устройств, сводящих практически к нулю выигрыш от устранения из трехмашинной системы ГД двух машин, несмотря на некоторое увеличение КПД привода.

Характерным примером экскаватора с приводом ТПД постоянного тока является механическая лопата фирмы «Харнишфегер», типа RSH с ковшом объемом 16 м³. Эта машина при установленной мощности двигателей 1635 кВт имеет фильтрокомпенсирующее устройство реактивной мощностью 3500 кВт·А, состоящее из конденсаторов, дросселей и тиристоров, управляющих генерируемой реактивной мощностью.

Новое перспективное направление — применение частотно-регулируемого привода. Приводы такого типа разработаны в ФРГ (фирма «Сименс») и США. Так, фирма «Бюсайрус Эри» выпускает экскаваторы 295-B11 с ковшом объемом 22—28 м³ и с тиристорным частотно-регулируемым асинхронным приводом переменного тока.

Использование асинхронных короткозамкнутых двигателей, имеющих большую габаритную мощность, меньшие маховые массы, большую перегрузочную способность и более высокую надежность, чем двигатели постоянного тока, позволило сократить время рабочего цикла, повысить надежность, удешевить эксплуатацию и ремонт электрооборудования.

Отказ от двигателей постоянного тока, относительно мало надежных, дорогих в эксплуатации, имеющих большие габариты и повышенные моменты энергии якорей, и переход на более простые, дешевые в производстве и в эксплуатации, имеющие меньшие габариты и малые моменты инерции асинхронные частотно-управляемые двигатели, позволили получить машину, обладающую следующими преимуществами: более короткий рабочий цикл, а следовательно, и большая производительность, лучшая увязка с системой электроснабжения, устраняющая расходы на компенсацию реактивной мощности, повышенная надежность, обусловленная отсутствием щеток и коллектора, лучшая способность к копанью благодаря более надежной защите двигателей переменного тока от перегрузок и их способности дольше находиться в режиме стопорения.

Широкий диапазон электрооборудования, предлагаемого зарубежными электротехническими фирмами, его постоянное совершенствование обеспечивают надежную базу для дальнейшего подъема производительности труда и других технико-экономических показателей при одновременном повышении безопасности работ.

## АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ

Автоматизация в угольной промышленности специалистами ведущих угледобывающих стран единодушно оценивается как один из важнейших факторов, определяющих, особенно в 90-е гг., повышение производительности труда и улучшение технико-экономических показателей. При этом отнюдь не ставится как первоочередная задача высвобождение людей, т. е. так, как это зачастую понимается в отечественной практике.

В связи с особой сложностью создания средств и систем автоматизации для работы в подземных условиях (учитывается необходимость разработки взрыво- и искробезопасной аппаратуры, обладающей высокой механической прочностью, контроля и управления не стационарными механизмами, работающими в ряде случаев в экстремальных условиях и при пиковых нагрузках) процесс автоматизации в угольной промышленности растянулся на длительный период, и задача полной автоматизации, а также ряда процессов, как было указано выше, например выемки угля, до настоящего времени не решена.

В отличие от отечественной практики, где основное внимание было сосредоточено на автоматизации отдельных механизмов и установок, за рубежом отдавалось предпочтение созданию систем сбора, передачи и обработки информации уже на первых стадиях внедрения средств автоматизации.

В основных угледобывающих странах — Великобритании, ФРГ, США, Франции, Польше, ЧСФР и др. — для повышения эффективности оперативного управления производством использовали системы диспетчерского контроля и управления.

Чтобы оценить достигнутый в настоящее время уровень АСУТП и представить себе сложность решения стоявших задач, необходимо проследить этапы развития автоматизации за рубежом, особенно учитывая многолетнее отставание в этой области отечественной угольной промышленности.

Первоначально диспетчерское управление и контроль осуществлялись с помощью телефонной связи и простейших средств сигнализации. На шахтах были созданы центральные диспетчерские пункты, передача сведений на которые осуществлялась по телефону или многопроводным системам с использованием звуковых и световых сигналов без автоматической записи показателей.

На следующем этапе в ФРГ, Великобритании, Франции, Польше, ЧСФР, Бельгии создаются более совершенные релейные системы с передачей на диспетчерский пункт большого числа сигналов с использованием самопишущих приборов. Далее начинается применение первых ЭВМ, внедряется аппаратура на бесконтактных элементах с многократным использованием как специальных линий связи, так и телефонных линий,

низковольтных сетей с применением принципов временного или частотного разделения каналов, акустических и визуальных средств приема и автоматической многократной записи на бумажной ленте поступающих сигналов с кодированием типа сигнала. Такие системы работали, например, на шахтах «Дальбуш», «Грилло 1/2», «Франц Ханиель», и ряде других в ФРГ, во Франции — на шахтах группы «Ошель Брюз», в Великобритании — на шахтах «Ли Холл», «Лайнмаус» и др.

Далее внедряются системы на базе полупроводниковой техники, схемы с многократным использованием каналов связи, долговременным хранением информации с применением вычислительной техники, приборов непосредственного цифрового отсчета, записи на магнитную ленту и т. п.

К середине 60-х гг. в ФРГ на половине действующих шахт осуществлялись централизованный контроль и оперативно-диспетчерское управление из центрального диспетчерского пункта (ЦДП). К концу 60-х гг. ЦДП были организованы на 85%, а к концу 1975 г. — на 90% шахт.

В Польше в 1971 г. на экспериментальной комплексно-механизированной шахте «Ян» и на шахте «Зофьювка» в эксплуатации находились системы на базе ЭВМ, использующие принцип частотного разделения каналов. Далее была разработана современная система «Микро-Хадес».

В Великобритании первая электронная система дистанционного управления оборудованием, системами откатки, насосами, бункерами, конвейерами, затем оборудованием проветривания была установлена еще в январе 1958 г. на шахте «Мерри Лис». Уже в начале 60-х гг. была сделана попытка создания частично автоматизированной шахты «Биверкоутс». До января 1972 г. в угольной промышленности Великобритании действовали разновременно 39 установок подобного типа. К середине 70-х гг. на 22 шахтах страны были внедрены автоматизированные системы управления, использовавшиеся для контроля выемочных и транспортных комплексов, контроля метана, уровня воды и др. Так, на шахте «Трефорген» действовала система с временным разделением каналов; объем передаваемой информации составлял 1024 аналога или 8144 дискретных сигнала.

Специалисты западно-европейских стран особенно подчеркивают, что роль диспетчерского управления с углублением степени автоматизации и расширением сферы ее применения увеличивается, так как уменьшается численность персонала обслуживающего машины и могущего своевременно сообщать о неполадках. В то же время существенно повышается стоимость машин и механизмов, работающих в автоматизированном режиме, что еще более усиливает требование надежности и необходимости централизованного контроля.

Если в течение длительного времени работы по автоматизации в угольной промышленности велись разрозненно отдельны-

ми организациями, институтами, фирмами-изготовителями, угольными компаниями, то начиная с середины 70-х гг. в основных угледобывающих странах начинают разрабатываться комплексные программы исследований. Так, в этот период в ФРГ под руководством министерства исследований и технологий была начата работа по теме «Каменноугольная шахта будущего».

В 70—80-х гг. основное внимание было сосредоточено на разработке, опробовании и внедрении в эксплуатацию автоматизированных систем сбора, передачи и обработки данных на базе ЭВМ и далее микропроцессорной техники. В 70-е гг. эти системы непрерывно развивались и наращивался объем их внедрения. Так, в Бельгии для контроля с помощью ЭВМ работ по выемке и откатке была использована машина IBM 57 на шахте «Зольдер» в 1973 г., где с помощью ЭВМ осуществлялся контроль за работой и простоями выемочной машины, конвейеров в лаве и выемочном штреке. Одновременно осуществлялся контроль за шестью механизмами на каждом из 16 выемочных участков. После испытания на этой шахте аналоговые машины были установлены на шахтах «Ветерсей» (1974 г.), «Винтер-слаг» (1975 г.) и «Беринген» (1977 г.).

В ФРГ к 1980 г. уже каждая шахта располагала диспетчерским пунктом как минимум с 25 линиями связи и более чем 350 подключенными устройствами измерения, контроля и управления. В течение 1974—1981 гг. число установленных средств диспетчерского контроля и управления ежегодно возрастало в среднем на 15%. Если в 1972 г. в этих системах применялась только одна ЭВМ, в 1975 г. — три, то в 1980 г. число их достигло 28 (не считая отдельных машин, использовавшихся для решения специализированных задач). В некоторых системах работали по две центральных ЭВМ. Последние использовались в трех направлениях: обработка данных, контроль, а также управление и оптимизация.

При этом следует различать два направления контроля. На диспетчерских пунктах производится обработка данных уже завершившихся процессах. Наряду с этим осуществляется эксплуатационный контроль, характеризующий состояние механизмов в данный момент, что позволяет принимать непосредственное решение и вмешиваться активно в ход процесса.

Используемые на шахтах основных угледобывающих стран современные системы разделяются по своему построению на три группы: централизованные, децентрализованные и построенные с различными иерархическими уровнями.

В связи с большим объемом перерабатываемых данных, например, в ФРГ основным направлением в 80-х гг. являлось применение централизованных систем, предусматривающих в то же время иерархический порядок. При этом одна или несколько ЭВМ на поверхности принимали на себя координацию

работы подземных ЭВМ, которыми по преимуществу являлись мини-ЭВМ.

Органической составной частью систем АСУ и АСУТП, выпускавшихся фирмами ФРГ, Франции, Великобритании в 80-х гг., являлись различные средства шахтной связи, которые оказывались объединенными с данными системами как каналами передачи информации, так и приемно-передающей аппаратурой.

Наиболее важное место как в децентрализованных, так и в иерархических системах занимает контроль за производственными процессами в лаве. Этот контроль, в частности, на шахтах ФРГ осуществлялся с пультов управления лавы, которые постепенно были преобразованы в диспетчерские пункты участка со среднегодовой добычей до 500 тыс. т товарного угля. Пульты управления лавы начали выносить на штрек. Положительный опыт работы диспетчерских пунктов лав и участков привел к организации на их базе общих подземных диспетчерских пунктов. Так, на шахте «Остерфельд» (ФРГ) были организованы два таких подземных диспетчерских пункта. В конце 70-х — начале 80-х гг. на шахтах ФРГ, начиная с шахты «Нордштерн», диспетчерские пункты лав были перенесены на поверхность и сосредоточены в единых помещениях. При этом появилась возможность не только отказаться от взрывобезопасного исполнения аппаратуры, но и качественно улучшить взаимосвязь между операторами отдельных пунктов, резко увеличить объем принимаемой и перерабатываемой информации и ускорить процесс ее переработки. Кроме контроля с такого типа пунктов управления на поверхности, производится в отдельных случаях и управление теми или иными механизмами. Так, на шахте «Остерфельд» осуществляется управление конвейерами лавы, угловым поворотным конвейером и стругом с диспетчерского пункта участка, расположенного на поверхности. На пункт поступает из лавы до 200 сообщений.

Аналогичные системы внедрены в Великобритании. Так, система FIDO (получение и обработка информации о работе забойного оборудования в управляемом режиме), включающая ЭВМ, установленную в диспетчерской шахты на поверхности, предназначена для регистрации и хранения данных о простоях комбайна и их причинах. Эти системы были введены в эксплуатацию на ряде шахт.

В Великобритании в 80-х гг. получила применение система МИНОС с иерархической структурой. Система включает микропроцессоры, осуществляющие локальный контроль, и обще-шахтную ЭВМ. Система построена на модульном принципе. Каждая подсистема состоит из микропроцессоров, устройств оперативной памяти, устройств памяти на гибких дисках, устройств для ввода и вывода информации, пульта диспетчера с аварийным и оперативным дисплеями и панелью управления,

комплексов аппаратуры для передачи данных, включающую буферную память, устройства логики и разделения сигналов и модем.

На поверхности вычислительный центр осуществляет накопление, анализ и статистическую обработку данных, поступающих от подсистем управления и контроля отдельными процессами, и выдачу информации различным службам шахт с помощью дисплеев и в печатном виде.

Данные о состоянии оборудования накапливаются в ЭВМ, периодически корректируются, могут запрашиваться оператором и представляются в различном удобном для использования виде: в мнемонической форме, звуковыми сообщениями, в виде номограмм и др.

Система МИНОС применяется для контроля работы конвейеров, вентиляции, газового режима и т. д. и обеспечивает автоматическое управление отдельными технологическими процессами. В Великобритании внедряется также система МИС, предназначенная для информационного обеспечения руководства, в которой производится анализ всей информации, требуемой для оперативного управления. На шахтах Великобритании было внедрено также 15 систем ТМ-200, которые использовались для контроля управления насосными установками, электроснабжением, конвейерными линиями и т. п.

В 1981 г. на шахтах ФРГ была пущена в опытную эксплуатацию система, разработанная институтом «Бергбау-Форшунг», которая после испытаний была включена в работу в середине 1982 г. в полном объеме. Система состояла из трех частей: передачи оперативных сообщений о ходе производственного процесса и нарушениях его, контроля протекания процесса производства, накопления и выдачи обобщенной информации о состоянии производства. В зависимости от комбинации программных блоков можно было реализовать различные функции контроля и оценки.

В отличие от применявшихся ранее систем с сообщениями «да» или «нет» в данной системе на пульт диспетчера поступали сообщения в виде печатного текста с указанием времени. Изображения поступали на экран цветного дисплея. Каждое сообщение размещалось в двух строках с 64 печатными знаками в строке. Таким образом, сообщения могли различаться по цвету, а сообщения одного типа выдавались одного цвета, что значительно повышало информативные свойства и облегчало распознавание сигналов.

Контроль протекания производственного процесса обеспечивает решение двух задач: на пульт диспетчера подается информация о ходе производственного процесса до настоящего времени. Информация облегчает диспетчерам подготовку отчета о работе за смену и за сутки.

На экран дисплея выдается информация об использовании

любого подключенного к системе оборудования и полученных результатов в абсолютных величинах и процентах в течение текущей смены. На экране указываются машина, длительность смены, отработанное рабочее время, как краткие, так и продолжительные простои с указанием времени, разбивкой по видам и распределением по их частоте. По окончании смены или суток отчет о работе выдается в печатном виде. На дисплей также может выдаваться по запросу информация одновременно о нескольких машинах или объектах выемочных участков. Программа задается вручную оператором. Распределение простоев может производиться в хронологическом порядке, по типам (технологические, зависящие от машин, электрооборудования и т. п.). При устранении причины простоя сигнал снимается, и таким образом на экране отражается состояние производственного процесса в данный момент.

Система позволяет выдавать также обобщенную информацию в любой последовательности о состоянии производства за предшествующие 4 дня. Данная система была применена компанией «Пройссаг коле» (Иббенбюрен) на одной из самых глубоких шахт ФРГ (глубина главного выемочного горизонта 1366 м). На шахте «Проспер Ханиель» применена упрощенная схема, выполняющая информационные функции. На шахте «Нидерберг» схема применена для контроля насосов главного водоотлива, вентиляторов и управления вентиляционными дверями.

Дальность передачи информации в новых системах составляет от 1 до 20 км с усилительными устройствами, число линий связи — от 1 до нескольких в зависимости от назначения. Каждая линия связи может иметь несколько жил. Число абонентских полуккомплектов для каждой линии связи может превышать 100. Емкость памяти систем в зависимости от назначения колеблется в широких пределах. Так, «Сентурион-200» (США) имеет емкость памяти микроЭВМ: оперативная память 64 тыс. слов, постоянная — 8 тыс. слов, на магнитных дисках — 256 тыс. слов.

Число контролируемых пунктов в системах составляет до  $4 \times 127$  (система «Сентурион-200»), число входов и выходов колеблется от 4 до 60 (система ТМ-104, Великобритания).

В качестве каналов передачи информации используются телефонные линии, различные линии связи и сигнализации, силовая сеть с напряжением до 1 кВ как переменного тока, так и постоянного, или самостоятельные экранированные кабели. Минимальное время опроса составляет в системе ТМ-104 120 каналов за 360 мс. На шахтах европейских стран применяются цифровые системы с временным разделением и в отдельных системах — с временным разделением приема и передачи, частотные и частотно-временные системы. Исполнение элементов систем, как правило, блочное. Число каналов ТУ

и ТС на комплект аппаратуры колеблется в различных пределах и может составлять около 30. Формат сообщения, например, в аппаратуре «Вестроник Р(М)» составляет 8 слов по 16 бит, скорость передачи одного формата сообщения 210 мс.

Особое внимание обращается на программное обеспечение систем. Как правило, имеется большой набор программ (как операционной системы, так и прикладных).

В связи с тем, что системы устройства передачи информации на тональной частоте при резком возрастании объема передаваемой информации не в состоянии удовлетворительно справиться с возросшим объемом новых задач, были разработаны новые системы передачи информации. Так, система передачи на тональной частоте позволяла использовать до 50 каналов в одной жиле со средней емкостью передачи до 40 бод и с общей емкостью систем до 2,5 тыс. бод. Однако ни эта, ни более совершенные комбинированные системы в настоящее время и в перспективе уже не удовлетворяют потребностей.

В начале 80-х гг. за рубежом разработаны системы, в которых используется оптоэлектроника. Так, в институте «Бергбау-форшунг» создана широкополосная система с использованием коаксиального кабеля или световода, которые в шахтных условиях позволяют передавать практически неограниченное количество сообщений одновременно. Система с использованием световода разрабатывалась также в США (испытание проводилось на опытной шахте Горного бюро в Брустоне, штат Пенсильвания).

Фирма «АЭГ-Телефункен» разработала систему для управления и контроля за механизмами струговой лавы, где для связи объектов друг с другом и центральным пультом используются световоды, преимуществами которых является нечувствительность к электромагнитным помехам, искробезопасность, большой объем передаваемой информации. Для оптической передачи данных используются светодиоды как генераторы, жилы из профилированного стекловолокна как проводники света, фотодиоды в качестве оптических приемников.

Поскольку в начале 80-х гг. еще не была обеспечена достаточная механическая прочность световодов для работы в шахтных условиях, не были решены задачи их подсоединения и ремонта в пыленасыщенной шахтной среде, оптимальной являлась система с коаксиальным кабелем. Последний практически испытывался в шахтных условиях уже в течение ряда лет, однако до последнего времени не находил применения в первую очередь из-за неэкономичности.

Разработанная в институте «Бергбау-форшунг» система имеет 80 каналов, по каждому из которых может передаваться до 19,6 кБод цифровых сообщений. При этом могут передаваться также сигналы на тональной частоте от 0,3 до 3,4 кГц. Каждая задача имеет свой частотный канал.

За рубежом продолжают также исследования возможности использования радиоволн в системах передачи информации. Достигнуты определенные результаты при использовании частот 2,4—2,5 ГГц. Однако практического применения данные системы до конца 80-х гг. не находили.

Таким образом, первый этап внедрения средств электроники и систем АСУТП на шахтах до конца 70-х гг. характеризовался созданием диспетчерских с применением мнемосхем с индикаторными диодами и ЭВМ, работавших в реальном масштабе времени, с электронной обработкой данных и контролем производственных процессов.

На втором этапе внедрения систем АСУТП диспетчерские преобразуются в информационно-диспетчерские центральные пункты, оснащенные ЭВМ, обеспечивающие связь взаимозависимых участков технологических процессов с использованием терминалов с цветными дисплеями и печатающими устройствами.

С начала 80-х гг. при интенсивных работах по внедрению многоуровневых автоматизированных систем управления в Великобритании, США и ФРГ, обеспечивающих управление всей деятельностью шахты, были решены задачи информационного сопряжения средств вычислительной техники различного уровня управления. Внедрение данных систем стало возможным к середине 80-х гг., когда все фирмы — изготовители аппаратуры и систем автоматизированного контроля, передачи и обработки информации, а также диагностики повреждений перешли на микропроцессорную технику, которая широко выпускалась в весьма различных модификациях как направленного, так и широкого применения.

На базе электронизации осуществляется, по оценке зарубежных специалистов, третья промышленная революция, которая охватила и угольную промышленность. В результате этого в основных угледобывающих странах практически все средства и системы автоматизации, управления, безопасности и связи в 80-х гг. создавались на базе широкого использования, помимо микропроцессорной техники и микроЭВМ (в том числе предназначенных для работы во взрывоопасных по газу и пыли условиях), систем передачи с импульсно-кодовой модуляцией (ИКМ), волоконно-оптических линий связи (ВОЛС), радиометрических и оптических методов измерения и контроля технологических параметров процессов добычи и обогащения, цветных графических дисплеев, печатающих устройств, пыле- и влагонепроницаемых комплектующих изделий для систем связи и систем промышленного телевидения.

Во второй половине 80-х гг. практически на всех шахтах ФРГ, на 70—80% шахт Великобритании, США и Австралии, где применяется система разработки длинными забоями, и других стран (например, в Испании, где преобладают неболь-



шие по мощности шахты), внедрены различные по числу решаемых задач системы типа АСУТП нового уровня.

Большинство введенных в эксплуатацию в 80-х гг. шахт оснащено данными системами, которые могут охватывать все основные технологические процессы, группы процессов или один из них. Так, в Великобритании во второй половине 80-х гг. работали 180 систем МИНОС для контроля и автоматического управления системой проветривания и разветвленных конвейерных линий.

Данные системы могут выполнять функции сбора передачи и обработки информации или совмещать их с функциями управления (например, схем проветривания, конвейерных линий, электроснабжения, водоотливных установок и др.).

В США первые системы АСУТП на микропроцессорах появились в 1981 г. Во второй половине 80-х гг. они действовали на 90 шахтах. Аппаратуру и системы контроля и управления в угольной промышленности на базе микропроцессорной техники выпускают 8 фирм, в том числе «Америкен майн рисерз», «Конспек контролз», «Майн сейфти апплайенсиз», «Мундикс контрол системз» и др.

В зависимости от конкретных условий горных предприятий создаются и используются как интегрированные системы с многоуровневой структурой обработки информации с применением мини- и микроЭВМ, так и локальные системы.

Многоуровневые распределенные системы применяли во второй половине 80-х гг. на ряде угледобывающих и углеобогательных предприятий (шахты «Остерфельд» и «Вестерхолт» в ФРГ, обогащательные фабрики «Саус Сайд» в Великобритании, «Бун-Кантри» в США и др.).

Наряду с системами управления, разработанными специально для того или иного процесса, выпускаются универсальные системы. Применяется аппаратура с программируемой памятью. При этом представляется возможным менять сеть сбора и передачи информации и формы ее представления. Анализ, проведенный Горным бюро США, показал, что внедрение таких систем на конвейерном транспорте способствовало повышению коэффициента готовности с 74 до 93%, сокращению средней продолжительности простоя с 41 до 17 мин. Внедрение этих систем позволит увеличить сменную добычу на 10%.

Одно из важнейших преимуществ современных систем — гибкость и связанная с этим возможность расширения и изменения функций управления и информации. На всех уровнях управления электронно-вычислительные машины технически и математически совместимы и могут осуществлять обмен информацией.

Средства аппаратного обеспечения, выпускаемые различными фирмами, могут интегрироваться с помощью соответствующих интерфейсов в комплексные системы.

Фирмы-изготовители весьма быстрыми темпами осуществляют разработку аппаратуры и систем нового поколения. По некоторым видам сменяется ежегодно 20—40% продукции. Так, в Великобритании вместо системы МИНОС на базе мини-ЭВМ внедряется в настоящее время система «МикроМИНОС» на микропроцессорах.

Фирма «Вальтер Беккер» (ФРГ) с начала 80-х гг. выпускала микропроцессорные системы управления конвейерными линиями для различных отраслей промышленности, в том числе и для горной. В настоящее время работают 200 таких систем. В 1985 г. фирма выпустила специально для нужд горной промышленности систему, принадлежащую новому поколению в модульном исполнении с искробезопасными параметрами.

Фирма «Монтан форшунг» (ФРГ) выпустила для работы в подземных условиях новую серию модулей, используемых в микропроцессорных управляющих устройствах.

Системы типа АСУТП для угольной промышленности производят, как правило, электротехнические фирмы. При разработке систем широко применяются специализация и кооперация производства, в том числе международная. В ряде случаев системы создаются фирмами — изготовителями горной техники совместно с ведущими электротехническими фирмами. При этом программное обеспечение для выполнения функций контроля и управления разрабатывается данными фирмами по техническим заданиям и совместно с потребителем, а в отдельных случаях самими машиностроительными компаниями.

В 80-х гг. использовалось четвертое поколение систем сбора и передачи данных, а также средств вычислительной техники. По оценке специалистов ФРГ, в настоящее время предлагается потребителям уже пятое поколение. Их отличает модульное исполнение, минимальные размеры за счет клеевого монтажа на печатных платах, передача значительного объема цифровой и аналоговой информации, возможность передачи на разных скоростях (например, 19,2 кбит/м до 1200 м и 1,2 кбит/с на неограниченное расстояние) по телефонным проводам, высокая степень защищенности от повреждений.

Внедрение систем АСУТП со средствами автоматизации четвертого и пятого поколений обеспечивает значительное повышение безопасности, облегчение условий труда, резкий рост коэффициента готовности оборудования, способствует созданию условий для принципиальных изменений в организации производства, труда и управления и в результате обеспечивает весьма резкий рост производительности труда (до 25—50% и более).

Следует отметить, что современные системы, отличающиеся адаптивностью и удобством монтажа, стоят весьма дорого. Это существенно ограничивает их широкое внедрение. Стоимость электрогидравлических систем управления составляет 20—30%



стоимости крепи, а для проходческих комбайнов — до 30% стоимости машины. Вместе с тем систематически снижается стоимость электронных компонентов и повышается их надежность.

С середины 80-х гг. в западно-европейских странах и в США ведутся интенсивные исследования (которые к началу 90-х гг. находились в стадии лабораторных решений и опытов) по применению для угольной промышленности экспертных систем и систем с адаптивным искусственным элементом, т. е. способных приспосабливаться к отклонениям от нормы в самих системах. Экспертные системы, являющиеся прикладными системами искусственного интеллекта, позволяют распознавать ситуацию, ставить диагноз, выдавать рекомендации и реализовывать их.

Экспертные системы, которые способны решать нестандартные задачи, требуют ЭВМ четвертого поколения и найдут широкое применение при внедрении ЭВМ пятого поколения. Искусственный интеллект обеспечивает диалоговое общение с ЭВМ, особенно при наличии машин пятого поколения или персональных ЭВМ.

При этом следует отметить, что в Великобритании, ФРГ и Франции, несмотря на указанные выше программы, отсутствовала единая концепция развития систем АСУТП. Это приводило, по оценке специалистов ФРГ, к дублированию, применению разнородной аппаратуры; системы, применяемые на различных шахтах, не были унифицированы. Развитие происходило стихийно, в значительной степени в зависимости от того, что предлагали фирмы-изготовители. В настоящее время в этих странах обращено серьезное внимание на разработку концепции и стратегии применения АСУТП. При этом сделан однозначный вывод, что при современных способах выемки угля, системах разработки, росте глубины шахт и ухудшении горно-геологических условий полная автоматизация производственных процессов на шахте по-прежнему невозможна, и поэтому продолжается разработка концепции частично автоматизированной шахты.

В ФРГ начались исследования в этом направлении с 1982 г. Аналогичные работы велись в Великобритании и Франции. Однако практическая разработка проекта частично автоматизированной шахты началась в ФРГ в 1986—1988 гг. на базе компании «Нидеррейн», входящей в концерн «Рурколе». В конце 1986 г. были разработаны технические требования к созданию данной системы, в 1988 г. издана отраслевая документация с описанием стандартных интерфейсов системы. Внедрение системы планируется в 90-х гг. в объеме концерна «Рурколе». Основными положениями при этом явились следующие: сопряжение машин в единую взаимосвязанную систему и обеспечение роста потока информации, необходимой для управления данной системой, более чем в 100 раз.

Общая интегрированная АСУ шахты состоит из подсистем с

широкой автономией, вплоть до перехода на ручное управление, и сочетает принципы иерархии и децентрализации. Система включает 6 уровней: 1 — рабочие механизмы; 2 — установки, производственный процесс; 3 — участковая диспетчерская; 4 — информационный центр; 5 — ЭВМ шахты, которая реализует все задачи по обработке и накоплению данных; 6 — центральная ЭВМ объединения, компании, которая реализует задачи, необходимые для группы шахт.

Предусмотренная гибкость построения позволяет использовать базовую систему с соответствующей корректировкой для самых различных процессов. Комплексная система не зависит от особенностей изделий разных фирм-изготовителей, т. е. обеспечивается совместимость ЭВМ различного производства и возможность обмена информацией между ними. Поэтому особенно остро стоит проблема интерфейсов и математического обеспечения. Последнее должно быть подходящим для всех сходных случаев применения. Для угольной промышленности по экономическим соображениям предполагается широкий обмен программным обеспечением.

Управление производственным процессом и обработкой информации строго разделены. Система строится так, чтобы допускать без больших затрат включение в нее новых элементов. Должны быть обеспечены гибкость применения модулей и возможность применения модулей, обладающих высокой степенью независимости.

Учитывая весьма быстрый рост стоимости математического обеспечения, как одна из важнейших поставлена задача многократного использования программ и эффективной техники программирования с применением языка программирования более высокого уровня. При этом на уровне контролируемого оборудования используется типовой язык управления, пригодный для разнообразных свободно программируемых микропроцессоров.

При разработке указанной системы особо подчеркивается, что для внедрения ее потребуется переучивать весь персонал шахты; каждый должен научиться работать с качественно новой техникой. Резко возрастет также доля работников, занятых математическим обеспечением. Таким образом, в начале 90-х гг. подготовлен качественный сдвиг в области автоматизации и внедрения систем АСУТП в угольной промышленности.

## ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ И ГОРНОСПАСАТЕЛЬНОЕ ДЕЛО

### ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ

В странах с высокоразвитой угольной промышленностью наблюдается тенденция ухудшения горно-геологических и горно-технических условий разработки угольных месторождений,

обусловленная интенсивностью добычи угля на базе внедрения новейших технологий и горной техники и, как следствие этого, быстрое углубление горных работ (10—15 м/год), которое приводит к повышению выделения рудничных газов (метан, углекислый газ, азот и др.), температуры горных пород и горного давления, внезапным выбросам угля и газа, снижению устойчивости горных пород и т. д. Поэтому в угольной промышленности уделяется большое внимание вопросам повышения безопасности труда в таких условиях.

**Дегазация угольных шахт.** Выделение больших объемов метана в угольных шахтах неоднократно становилось причиной крупных аварий и гибели нескольких сотен шахтеров; в США — взрывы газа на шахтах «Софилд», «Ферин», «Джорджтаун», «Чесвик», «Мононгахель», во Франции — на шахтах «Курьер» (внезапный выброс) и «Симон», в Японии — на шахтах «Такасима», «Юбари Шин», «Хонкейко» и др., в ФРГ — на шахтах «Реден» и «Луизенталь», в Бельгии — на шахте «Марсинель», в Австралии — на шахте «Уллаген», в Индии — на шахте «Дхори», в ЮАР — на шахте «Врихейд» и др.

Несмотря на то, что в высокогазообильные шахты подается до 10—12 м<sup>3</sup>/мин воздуха (15—17 т воздуха на 1 т добываемого угля за сутки), на ряде шахт Австралии, Бельгии, Польши, ФРГ, Франции и других стран возможности повышения скорости проведения выработок по фактору газовыделения истощены и в ряде проветриваемых выработок образуются опасные слоевые скопления метановоздушных смесей. Чтобы обеспечить подачу больших объемов воздуха и уменьшение сопротивления его движению на шахтах ФРГ, Австралии, Бельгии, Франции, США, участковые выработки проводятся большой площадью поперечного сечения — 18—23 м<sup>2</sup>.

Наиболее эффективным мероприятием по снижению выделения метана или углекислого газа в горные выработки шахт является предварительная дегазация угольных пластов. Эффективность дегазации выемочных участков составляет в среднем от 35—45% (Бельгия, Великобритания, Франция) до 60—75% (Австралия, США, Япония, Польша), максимальный показатель равен 70—80% (ФРГ).

Дегазация применяется на более чем 400 шахтах зарубежных стран с суммарным объемом извлекаемого метана около 3 млрд м<sup>3</sup>/год.

Применяются различные способы дегазации угольных шахт, одним из которых является дегазация коллекторов природных скоплений свободного газа скважинами, пробуренными с поверхности (США, ФРГ, ЮАР, Польша). Так, в ФРГ на шахте «Луизенталь» глубиной 800 м дегазация подрабатываемых толщ производилась вертикальными скважинами диаметром 220 мм, пробуренными с поверхности. За 8 лет было каптировано 23,4 млн м<sup>3</sup> метана, в том числе 1,84 млн м<sup>3</sup> до начала

влияния подработки. Эффективность дегазации шахты вертикальными, пробуренными с поверхности и подземными дегазационными скважинами составила 81%; в процессе дегазации каптировано: вертикальными скважинами 11 млн м<sup>3</sup> и подземными 1,5 млн м<sup>3</sup> метана; около 3 млн м<sup>3</sup> метана выделилось в шахте.

В КНР на антрацитовой шахте «Янцюань» (провинция Шаньси) при разработке пологих пластов мощностью от 0,8 до 11 м и общешахтном выделении метана 240 м<sup>3</sup>/мин для дегазации заполненных метаном карстовых пустот с поверхности бурили скважины глубиной до 400 м с расстоянием между соседними скважинами 50—70 м. Объем каптируемого метана составил до 30—33 м<sup>3</sup>/мин, что обеспечило эффективность дегазации карстовых пустот 80—87%. За 25 лет было каптировано 360 млн м<sup>3</sup> метана.

В США на шахте «Федерал» применяется дегазация пласта Питтсбург направленными скважинами с поверхности. Скважины конечным диаметром 76 мм бурят до глубины 300—350 м, а затем из забоя вертикальной скважины бурят по пласту веер из трех скважин суммарной длиной 2000 м. Среднесуточный дебит метана в течение 880 сут составил 44 тыс. м<sup>3</sup>. При общих (капитальные и эксплуатационные) расходах около 1,5 млн долл. и извлечении за год 9,2 млн м<sup>3</sup> метана затраты на извлечение 1000 м<sup>3</sup> составили 2,05 долл. Затраты на бурение и оборудование скважин окупались за 4 года. Эффективность дегазации выемочного участка составила 39%.

Разновидностью этого способа дегазации с использованием эффекта перераспределения горного давления в подрабатываемых толщах является дегазация заблаговременным бурением с поверхности скважин, пересекающих разрабатываемый пласт впереди лавы. После прохода лавы такими скважинами каптируют газ из выработанного пространства участка и из подрабатываемых пород и угольных пластов. Среднесуточный дебит метана, зависящий от объемов природного содержания газа в подрабатываемом массиве, составляет в среднем 5—10 тыс. м<sup>3</sup>. Этот способ в последние годы широко применяется в Австралии, США, ФРГ и ЮАР.

Второй способ дегазации применяется при проведении выработок по трещиноватым породам и вскрытии угольных пластов. Вскрытие высокогазоносных угольных пластов (особенно выбросоопасных) на шахтах Австралии, Канады, КНР, ЧСФР и Японии производится с применением дегазации пласта скважинами, пробуренными из остановленного забоя квершлага с пересечением вскрываемого пласта скважинами на различных расстояниях от будущего контура квершлага.

При проведении квершлагов и полевых выработок по трещиноватым породам при извлечении метана свыше 3,0—3,5 м<sup>3</sup>/мин дегазация осуществляется при помощи серии (2—10) скважин

диаметром 80—100 мм и длиной 30—100 м. Скважины бурят под углом 10—50° от оси проводимой выработки с опережением забоя выработки не менее чем на 10 м. Этот способ дегазации применяется на шахтах КНР, Польши, США и Франции для снижения метанообильности выработок в период подготовки выемочных участков.

За рубежом широко применяется также способ дегазации разрабатываемых пластов при проведении пластовых горных выработок (Австралия, Канада, КНР, США, Франция, Япония). Например, на шахте «Курьер» (Франция) при проведении штреков по тонким пластам антрацита при помощи 13—30 дегазационных скважин диаметром 115 мм и длиной 21 м в одной выработке каптировали в течение 10—30 сут до 7 м³/мин или в среднем 2 м³/т запасов угля в дегазируемой зоне.

На высокометанообильной (150—190 м³/т) шахте «Сакито» (Япония), разрабатывающей пологие пласты мощностью 3 м под морским дном, дегазация пласта при проведении штреков и уклонов производится скважинами длиной 6—50 м. Эффективность дегазации за 6 мес достигала 70%. На шахте при проведении штреков по мощному крутому (45—50°) пласту дегазационные скважины бурили из ниш, устраиваемых через 30 м. Диаметр скважин 55 мм, длина 50 м. При бурении из каждой ниши по три скважины и сроке дегазации 3 мес дебит каптированного скважинами из одной ниши метана составил 100 тыс. м³, а эффективность дегазации проводимого штрека — 60—65%.

Способ предварительной дегазации начал широко применяться в зарубежных странах в связи с необходимостью увеличения скорости подвигания очистных забоев. Наиболее широко предварительная дегазация применяется на шахтах Австралии и КНР, в меньшей степени — в Великобритании, США, Франции, ФРГ и Японии. Применяются скважины диаметром 80—120 мм, длиной 100—180 м, с расстоянием между соседними скважинами от 5 до 25 м (обычно со сроком активной работы 6—8 мес).

Например, эффективным оказалось применение предварительной дегазации на шахте «Чжунляньшань» (КНР). При разработке крутых (61—67°) выбросоопасных пластов на глубине 420 м (метаносодержание угля 25 м³/т, давление метана 2,9 МПа) из полевых выработок в почве пласта через 50 м проходили в сторону пласта ниши; из каждой ниши пробурили по две серии скважин диаметром 75 мм. Скважины первой серии (подъем 13° от горизонта) пересекли все 9 пластов свиты, скважины второй серии (подъем 18°) пересекли нижние 7 пластов. За два года каптировали 57 млн м³ метана. При эффективности дегазации 58% внезапные выбросы прекратились.

При правильном выборе параметров предварительной дегазации (длительность дегазации, расстояние между скважинами,

диаметр скважин) и достаточно высоких размерах природной метаносодержимости угля и газопроницаемости пласта метаносодержимость пласта в результате применения предварительной дегазации снижается с 20—25 до 10—15 м³/т, а эффективность дегазации достигает 40—60%, что, в свою очередь, предотвращает опасные скопления рудничных газов.

Основным способом, применяемым на шахтах Великобритании, Бельгии, Франции, ФРГ, Японии и других стран, является дегазация под- и надрабатываемых угольных пластов подземными скважинами (короткими и длинными). Наибольшая эффективность этого способа дегазации достигнута на шахтах ФРГ, в которых удельный расход метана достиг 5—6 тыс. м³/м скважины при среднем отсосе метана из скважины 1—1,5 м³/мин. Удельный расход метана на шахтах ФРГ составил: короткими (40—60 м) скважинами 500—2300 м³/м, длинными (100—200 м) — 2900—5600 м³/м. Срок службы коротких скважин 14—33 сут, длинных — 58—187 сут.

В последние годы на шахтах Австралии, Франции и ФРГ начали применять дегазацию подрабатываемых пластов длинными (200—290 м) газосборными скважинами большого диаметра (200—300 мм), пробуренными по подрабатываемому пласту перпендикулярно линии подвигания подрабатывающего очистного забоя. Этот вариант экономически эффективен при весьма крепких породах между разрабатываемым и дегазируемым пластами. Срок службы скважин, устье которых обычно находится вне зоны влияния подработки, соизмерим со сроком отработки выемочного поля. Средняя эффективность дегазации выемочного участка газосборными выработками или скважинами составляет 55—60%.

Применение газосборных скважин вместо газосборных выработок показало, что при практически одинаковой эффективности первый вариант обеспечивает значительное сокращение затрат на дегазацию. Одновременно на шахтах Западной Европы начали применять дегазацию подрабатываемых пластов длинными газосборными скважинами (140—160 м), пробуренными из выработок по соседним пластам до дегазируемых. Срок службы дегазационных скважин увеличился до 160—200 сут, дебит извлекаемого метана — в 1,5—2,0 раза, а эффективность дегазации — на 50%. Удельный расход метана повысился в 2—3 раза, а затраты на бурение снизились на 30—35%.

На зарубежных шахтах находят применение также способ дегазации выработанного пространства действующего выемочного участка при управлении горным давлением полной закладкой. В закладочном массиве оставляются пустоты сечением 2—3 м² параллельно линии лавы. Отсос газа из пустот снижает метанообильность участка на 25—30%. Этим способом дегазации, находящим применение в основном на шахтах Саарского бассейна, в ФРГ каптируют около 10% всего метана.

Отсос концентрационных метановоздушных смесей из выработанного пространства действующих выемочных участков снижает на 25—30% выделение метана в горные выработки, что способствует использованию машин и механизмов и повышению безопасности труда, а каптаж газа из закрытых отработанных шахт, во-первых, дает в течение длительного периода времени дешевое газообразное топливо и, во-вторых, способствует предотвращению миграции газа из шахты по эксплуатационным трещинам к поверхности, где газ может поступить в жилые дома и привести к взрыву.

**Внезапные выбросы угля и газа.** В настоящее время проблема внезапных выбросов стала одной из важнейших в угольной промышленности Австралии, КНР, Польши, Франции, ЮАР и других стран. В последние 10—15 лет внезапные выбросы начали происходить в угольных шахтах США, Испании, Турции и в металлических и соляных рудниках ФРГ, Канады, ЮАР, Бразилии.

При подземной разработке газоносных полезных ископаемых нередко происходили катастрофические выбросы газа и пород: соли — до 100 тыс. т (ФРГ), метана — до 600—1200 тыс. м<sup>3</sup> (Канада, КНР, Япония), углекислого газа — до 800 тыс. м<sup>3</sup> (ФРГ) и угля — до 10—15 тыс. т (Германия, 1941 г.; КНР) за один случай. Внезапные выбросы газа часто приводят к гибели горняков; по неполным подсчетам при внезапных выбросах и подземных взрывах газа, происшедших после выбросов, за последние 100 лет за рубежом (США, Канада, ФРГ, ЮАР, Япония, Франция, Бельгия) погибло свыше 20 тыс. шахтеров.

Внезапные выбросы являются серьезной причиной ухудшения технико-экономических показателей работы шахт как за счет больших материальных и трудовых затрат на применение противовыбросных мероприятий и ликвидацию последствий выбросов, так и за счет меньшей эффективности применения современной проходческой и добычной техники.

Наиболее эффективна столбовая система разработки выбросоопасных пластов (особенно с выемкой пласта столбами по падению) в сочетании с предварительной дегазацией пласта в пределах столба восходящими или горизонтальными скважинами.

Составляющей частью программы борьбы с внезапными выбросами угля и газа являются разработка и внедрение методов прогноза выбросоопасности угольных пластов с применением непрерывного контроля их параметров.

Методы регионального, локального и текущего прогнозов внезапных выбросов создаются за рубежом на основании систематизированных представлений о причинах и механизме этих явлений. Для получения количественных характеристик выбросоопасности при региональном и локальном методах прогноза устанавливается зависимость основных признаков выбросоопас-

ности от частоты этих явлений на разрабатываемых пластах. Такими признаками являются:

сложность и нарушенность строения месторождения в целом или отдельных его районов, разнообразие и величина орогенических сил, обусловивших обилие региональных и локальных дислокаций;

наличие перемятого, землистого, легко истирающегося угля, частично или полностью слагающего угольные пласты;

изменчивость элементов залегания и механических свойств угольных пластов и вмещающих горных пород;

существенные различия в прочностных свойствах угля и вмещающих пород, наличие в кровле и почве прочных и достаточно мощных слоев пород — песчаников, известняков;

высокая природная газоносность угольных пластов, обеспечивающая участие газа в развитии внезапного выброса;

скорость реакции угольного пласта на знакопеременные нагрузки от давления горных пород, проявляющаяся в различном изменении трещиноватости, устойчивости напряжений вблизи выработки, градиента давления газа, скорости газовыделения, в колебаниях температур в пласте и в выработке;

некоторые критические значения давления газа в массиве и глубины разработки пласта, ниже которых угольные пласты при любой горно-геологической обстановке безопасны по внезапным выбросам.

В настоящее время в большинстве стран определены несколько показателей и признаков, комплексно оценивающих с той или иной точностью основные факторы, под действием и при участии которых возникают и развиваются внезапные выбросы. При этом большое внимание уделяется горнотехническим условиям ведения работ.

За рубежом применяются региональные и локальные противовыбросные мероприятия. К региональным относятся предварительная искусственная дегазация и увлажнение разрабатываемого выбросоопасного пласта, а также опережающая выемка защитных пластов, а к локальным — гидрообработка (гидрорыхление, гидроразрыв, гидроотжим) и создание разгрузочных пазов и щелей, изменяющих напряженно-деформированное и газодинамическое состояние выбросоопасного массива.

Наиболее надежным способом предотвращения внезапных выбросов является опережающая отработка защитных пластов без оставления целиков угля. Важнейшее достоинство этого направления — заблаговременное изменение свойств и состояния газоносного угольного пласта и вмещающих его пород. Механизм защитного действия заключается в снижении напряженности и дегазации опасных по выбросам угольных пластов за счет их разгрузки от горного давления.

Границы и эффективность защитного действия зависят от многих условий, главными из которых являются угол залегания

пластов, глубина разработки, мощность, физико-механические и фильтрационные свойства междупластий, мощность защитного пласта, способ управления горным давлением, размеры выработанного пространства по защитному пласту, газоопасность и мощность дегазируемого подзащитного выбросоопасного пласта и степень его дегазации. Этот метод широко применяется в Австралии, Великобритании, КНР, Польше, Франции, ФРГ и других странах. В связи с тем, что не во всех условиях около выбросоопасного пласта залегает защитный пласт, наметилась тенденция вынимать в качестве защитных пластов угольные пропластки мощностью 0,3—0,4 м (КНР, Польша). В последнее время все большее применение находит наработка выбросоопасных пластов (Польша, ФРГ), причем на радиус эффективной защитной наработки, зависящей от угла залегания пластов, влияет также вид газа; в Польше радиус защиты при наработке пластов, содержащих углекислый газ, не превышает 20 м, тогда как в аналогичных условиях при наработке пологих метаноносных пластов в Великобритании, ФРГ, Японии этот радиус достигает 30—35 м.

Сотрясательное взрывание все еще продолжает применяться на шахтах Австралии, Польши, ФРГ, ЧСФР для обеспечения безопасности шахтеров, хотя экономичность этого способа недостаточна: на ликвидацию последствий выброса (нарушений крепи, массива) требуются большие материальные средства и затраты труда. Наиболее распространено сотрясательное взрывание (70% всех выбросоопасных забоев) в шахтах ЧСФР.

В ряде стран (Франция, ФРГ, Канада, Австралия) применяется специальная гидрообработка массива опасного пласта в забое с подачей растворов в пласт под давлением и без давления.

Высоконапорное нагнетание воды в выбросоопасный угольный пласт или песчаник на шахтах КНР производится через скважины длиной 20—25 м. В результате гидрообработки повышаются относительные деформации массива угля и пород соответственно на 2,5 и 0,6 мм/м, а также значительно снижается давление газа в массиве, что предотвращает внезапные выбросы.

В Японии для предотвращения выбросоопасности на пластах, не имеющих защитные пласты, разработан способ разгрузки массива в зоне проведения выработки по выбросоопасному пласту. Способ заключается в опережающем проведении выше опасного пласта разгрузочной полевой выработки, которая активизирует процессы деформации массива и газоотдачи выбросоопасного пласта до подхода забоя штрека по опасному пласту.

**Шахтная газометрия.** Общей тенденцией развития шахтной газометрии в США, Японии, Великобритании, ФРГ, Франции, ЧСФР являются автоматизация и диспетчеризация контроля за

газовыделением. Применяются централизованные системы непрерывного контроля за содержанием газов в шахтной атмосфере, скоростью воздушной струи, расходов воздуха и др. В качестве примера ниже приведена система централизованного автоматического контроля шахтной атмосферы типа CGA, разработанная институтом СЕРШАР и фирмой «Олдам» (Франция), внедренная на шахте «Вутер».

Обработка всей информации осуществляется на микроЭВМ, которая работает с 1—8 модемами-распределителями, находящимися на поверхности рядом с этой ЭВМ или на расстоянии от нее до 3 км. Между микроЭВМ и каждым модемом поверхности установлена шестипроводная линия связи. Каждый модем поверхности имеет 16 искробезопасных двухпроводных каналов связи протяженностью до 12 км (сопротивление шлейфа до 1000 Ом) для подключения подземных модемов-распределителей. К каждому подземному распределителю может быть подключено до 8 датчиков контроля параметров шахтной атмосферы. Общая емкость системы рассчитана на подключение 1024 датчиков. Предусмотрены два варианта питания подземных распределителей и датчиков: местное (подземное) и централизованное (с поверхности).

В основу работы специфической системы телемеханики положен дискретный циклический принцип посылки команд формирования и передачи информации. Передача информации организована по битпоследовательному принципу на частоте питающего систему напряжения (50 или 60 Гц). Скорость формирования и передачи информации в системе CGA не высока, но достаточна для принятой продолжительности цикла опроса 4 мин, при этом достигается высокая степень надежности и помехозащищенности системы. Простым способом контролируется целостность линии связи между поверхностным и подземным модемами.

Передача данных измерений от подземного модема на поверхность осуществляется по двухпроводной линии питания. Подземные блоки системы CGA имеют искробезопасное исполнение, соответствующее европейским стандартам. В данной системе микроЭВМ выполняет функции централизованного контроля параметров шахтной атмосферы путем автоматического опроса периферийных устройств, автоматической обработки информации, автоматического представления информации в различном виде, автоматической подачи исполнительных команд включения предупредительной сигнализации или отключения питания добычных участков.

Системой CGA предусмотрен двухпороговый (двухуровневый) режим контроля шахтной атмосферы. Первый уровень соответствует состоянию предупреждения, второй — аварийному состоянию. Предусмотрена возможность регулирования величины каждого порогового уровня. Функции автоматической подачи

сигналов тревоги и автоматического отключения электропитания участка могут выполняться на уровне периферийных устройств (подземными распределителями) или центральной частью системы.

В системе CGA осуществляется автоматический контроль неисправности датчиков, подземных модемов, линии связи. Разработано программное обеспечение для представления обширной информации на дисплеях. Программирование работы системы в условиях данного конкретного объекта ведется в форме диалога оператора с микроЭВМ.

Представляет интерес разработанная в ФРГ искробезопасная микропроцессорная система управления проветриванием длинной тупиковой горной выработки. Система регистрирует измеряемые величины: расход воздуха, концентрацию метана и оксида углерода, рабочее состояние машин и положение переключателей в микропроцессоре для изменения отдельных параметров программы. Обеспечивает предупредительную сигнализацию или отключает электроэнергию в выработке при нарушении проветривания и повышении содержания газов. Предназначена для контроля состояния рудничной атмосферы, распределения воздуха и состояния машин в длинных тупиковых выработках большого сечения, проводимых проходческими комбайнами с использованием пылеулавливающих установок и воздухоохладителей.

Схема управления оборудована микропроцессором 8085, программной памятью емкостью 4 Кбайт и памятью данных емкостью 0,25 Кбайта, регистрирует измеряемые величины, рабочее состояние машин и положения переключателей. Концентрация метана регистрируется метанометрами «Экс-аларм ВД-12» фирмы «Ауэргезельшафт», а микроконцентрация оксида углерода — газоанализаторами типа «Унор». Контроль расхода воздуха производится приборами «Вентури». В зависимости от отклонения фактической скорости воздуха от заданной или достижения заданной концентрации метана в контролируемых местах выработки и вентиляционного трубопровода дается предупредительная сигнализация или производится отключение электроэнергии на отдельных участках выработки или по всей выработке. Информация о состоянии проветривания передается в диспетчерский пункт на поверхность.

Зарубежными фирмами выпускаются не только централизованные системы контроля шахтной атмосферы, но и различные приборы индивидуального пользования — приборы эпизодического действия и переносные автоматические. В ФРГ фирма «Дрегерверк» производит ручные контрольно-измерительные приборы эпизодического действия типа G для измерения содержания метана и кислорода в искробезопасном исполнении массой 0,3—0,5 кг.

В табл. 45 приведены характеристики переносных автомати-

ческих приборов, выпускаемых в Великобритании, Польше, ФРГ и Японии.

**Борьба с пылью в шахтах.** Для борьбы с пылью применяют пылеподавление на очистных и проходческих комбайнах, а также средства и способы предупреждения взрывов угольной пыли в шахтах, контроль пылевзрывобезопасности горных выработок и концентрации пыли. Наилучшие решения по проходческим комбайнам имеются в Австралии, Великобритании и ФРГ, по очистным — в Великобритании, США и ФРГ. Наилучшие решения по средствам пылевзрывозащиты — автоматическим заслонам для гашения взрывов в выработках на очистных и проходческих комбайнах разработаны в США, ФРГ, Франции, Великобритании, Бельгии. Интерес представляют переносные приборы и системы дистанционного контроля, разработанные в США.

Фирмой GCA (США) разработан пылемер «Минирам» (модель РДМ-3) для измерения концентрации тонкодисперсной пыли. Он выдает результат непосредственно в процессе измерения без набора проб и их обработки. Прибор потребляет мало энергии, имеет незначительные габариты и массу, что делает его весьма удобным для применения в выработках.

В приборе использован принцип измерения количества рассеянного пылью света. Результат измерения выдается в цифровом виде в реальном времени, усредняется за любой желаемый промежуток времени продолжительностью до одной смены. Имеет блок памяти. Продолжительность работы от одного заряда аккумулятора — 8,3 ч; имеет два диапазона. Диапазоны измерения 0,01—10; 0,1—100 кг/м<sup>3</sup>. Масса 0,6 кг. Габариты 10×10×4 см.

Пылемер «ТМ-дигиталь» фирмы «Хельмут Хунд» (ФРГ) обеспечивает определение концентрации тонкодисперсной пыли так же, как и прибор РДМ-3.

В Великобритании предложен новый состав эмульсии для связывания пыли, осевшей на поверхности откаточных выработок, элементов конструкций и т. д. Новая нефтяная эмульсия обладает рядом преимуществ по сравнению с известными: более длительный срок обеспыливающего действия, резкое снижение эксплуатационных расходов, уменьшение износа транспортных средств и оборудования вследствие предупреждения абразивного действия пыли, улучшение условий труда, предупреждение неблагоприятного воздействия на окружающую среду. Кроме того, эмульсия не вызывает коррозии, не огнеопасна, не налипает, не реагирует на изменение погоды и температуры воздуха. Действие эмульсии заключается в том, что при орошении поверхности отдельные частицы пыли связываются и образуют плотный защитный слой. Эмульсия поставляется в виде водного раствора в отношении 4:1, а для связывания пыли она может дополнительно разбавляться водой до соотношения 20:1 в зависимости от требуемой глубины

# Характеристики переносных

Прибор (страна)	Принцип измерения	Измеряе- мый газ	Диапазон измерения в объем- ных долях газа, %	Погреш- ность из- мерения в объемных долях газа, %	Порог сра- батывания сигнали- зации в объемных долях газа, %
Индивидуальный индикатор опасности по метану, со- вмещенный с головным светильником IZM-2 (Польша) Переносной контрольно-из- мерительный прибор (ФРГ): G 634	Термоката- литический	CH <sub>4</sub>	—	—	Перестра- нваемый в диапазоне 0,5—2,0%
	То же	CH <sub>4</sub>	0—0,5	В диапа- зоне 0—2% ±0,1%	По требо- ванию за- казчика
			0—5	В диапа- зоне 2—100% ±5%	
G 624	»	CH <sub>4</sub>	0—100 0—5	Относи- тельная	То же
Эксплозиметр G615 (ФРГ) Переносной контрольно-из- мерительный прибор (ФРГ): G 612	»	Горючие газы и па- ры	0—100 НПВ	—	»
	Электрохи- мический	O <sub>2</sub>	0—25	—	—
G 611	То же	CO	0—200 pp	—	По требо- ванию за- казчика
Ручной контрольно-измери- тельный прибор G3000 (ФРГ)	»	CO	0—200 pp	3% от пре- дела из- мерения	—
Переносной контрольно-изме- рительный прибор Valo- tector	»	O <sub>2</sub>	0—25	±0,5	По требо- ванию за- казчика
	Термоката- литический	Горючие газы	0—100 НПВ	+5% НПВ	—
	Химичес- кая сорб- ция на металло- оксидом полупро- воднике	Токсичные газы	0—300 pp	±15pp	—

Таблица 45

## автоматических приборов

Вид сигнали- зации	Время непре- рывной работы, ч	Метод отсчета показаний	Взрывозащита	Габариты, мм	Масса, кг
Светозвуковой	—	—	РП, Н	48×150 (электронного блока)	0,26 (электрон- ного бло- ка)
То же	16	Стрелочный индикатор (три шкалы)	Искробезо- пасная	90×130×45	0,8
»	16	Стрелочный индикатор (2 шкалы)	Искробезопас- ная	90×130×45	0,6
»	16	Стрелочный индикатор	»	90×130×45	0,6
»	16	То же	»	90×130×45	0,6
»	16	»	»	90×130×45	0,6
»	100	Цифровой	»	55×98×36	0,2
»	—	Три стрелоч- ных индика- тора	»	270×90×130	1,5
—	—	—	—	—	—



Прибор (страна)	Принцип измерения	Измеряе- мый газ	Диапазон измерения в объем- ных долях газа, %	Погреш- ность из- мерения в объемных долях газа, %	Порог сра- батывания сигнализа- ции в объ- емных до- лях газа, %
Сигнализатор метана Me- thalarm, совмещенный с головным светильником (Великобритания)	Термока- тализатор	CH <sub>4</sub>	—	10% от пре- дела сра- батывания	1,0—2,5 в зависимо- сти от за- каза
Индивидуальный газосигна- лизатор метана с циф- ровой индикацией и аварийной сигнализацией GP-82 (Япония)	Термоката- литический (диффузи- онный от- бор про- бы)	CH <sub>4</sub>	0—5 млн 0—100 НПВ	0,5	По требо- ванию за- казчика
Газоанализатор индивиду- ального пользования для определения содержания кислорода в воздухе OX-82 (Япония)	Гальванн- ческий элемент	O <sub>2</sub>	0—25	±0,3	18
Сигнализатор метана груп- пового пользования GP-322 (Япония)	Термоката- литический	CH <sub>4</sub>	0—3	±0,2	По заказу

Вид сигнали- зации	Время непре- рывной работы, ч	Метод отсчета показаний	Взрывоза- щита	Габариты, мм	Масса, кг
Световой	10	Мигание лам- пы светильни- ка,	Электрическая цепь элек- тронного бло- ка искробезо- пасная	—	2,7
Светозвуко- вой, звук от внешнего зум- мера	6 ч от сухих элементов; 4 ч от герметиче- ских аккумуля- торных бата- рей; 10 ч от щелочной ак- кумуляторной батареи	Цифровой на жидких крис- таллах	Искробезопас- ная	72×142×26	0,31
То же	100 ч при от- сутствии сиг- нализации	Цифровой	То же	72×142×28	300
Светозвуко- вой, круговой обзор светово- го сигнала	10	Стрелочный индикатор	»	—	2,7

проникновения в орошаемую пылящую поверхность и обеспечения необходимой плотности защитного слоя.

В Польше разработано средство, основанное на применении мочевины, соединений, снижающих поверхностное натяжение, с добавкой адгезионных соединений и оптических отбеливателей. Техническим эффектом применения средства является осаждение пыли из воздушно-пылевой смеси, взрывобезопасная и противопожарная обработка, а также связывание мелких фракций, исключаящее вторичное пылеобразование. Применение гелиофоров дает возможность контролировать эффективность действия средства. Способ изготовления основан на том, что мочевина нагревается до температуры  $140^{\circ}\text{C}$  и после образования жидкой консистенции вводится соединение, снижающее поверхностное натяжение вместе с гелиофором и добавкой адгезионных соединений в виде полимеров акрила или натриевых солей. После гомогенизации смесь формируется.

В водном растворе данное средство эффективно для борьбы с пыленностью выше  $0,08\%$  и может применяться в диапазоне температур от  $+90$  до  $-10^{\circ}\text{C}$ . Пример одного из составов средства (содержание компонентов выражено в массовых частях): мочевина — 66,2, натриевая соль алкилбензолсульфоновой кислоты — 33,1, гелиофор — 0,7.

На очистных и проходческих комбайнах для подавления пыли применяют орошение водой (вода подается под резцы исполнительных органов), пылеотсос или комбинированный способ, включающий в себя пылеотсос и орошение.

Нагнетание воды в угольные пласты широко применяется в ФРГ, Франции, США, Польше. На шахтах ФРГ в условиях повышенного горного давления бурят шпур и скважины увеличенного диаметра. В сочетании со специальными химическими добавками к воде и нагнетанием быстросхватывающихся цемента и смесей синтетических материалов для упрочнения околострековых полос, исключаящих вытекание воды в штреке, это позволило снизить пыленность воздуха в очистных забоях в 2 раза. Ведутся работы по изысканию рациональных способов предварительного увлажнения угольного массива путем совершенствования оборудования для нагнетания жидкости. При этом удалось повысить эффективность увлажнения пластов при нагнетании жидкости непосредственно из призабойного пространства лавы. Наряду с этим совершенствуются способы нагнетания через длинные скважины.

**Безопасность горных машин и комплексов.** За рубежом обращают на себя внимание разработки по бесцепным комбайнам, автоматизации управления забойными машинами на базе микропроцессорной техники, диагностики отказов и опасных состояний машин, работы по предотвращению фрикционного искрения на режущих органах машин за счет использования орошения, а также специальной конфигурации резцов и мате-

риалов для их изготовления. В комбайнах и струговых установках широко применяются электронные системы оперативного контроля за состоянием и диагностика различных систем и элементов (электрооборудование, гидропривод, смазка подшипниковых узлов, пылеподавление и др.).

Представляет интерес счетчик расхода потока жидкости «Кондорф-1000» фирмы «Стауфф» (США), обеспечивающий измерение расхода в пределах  $0,19\text{—}314,00$  л/мин с цифровой индикацией, а также прибор этой же фирмы для измерения давления до  $70$  МПа в гидравлических и пневматических системах.

Кардинальное решение обеспечения безопасности при ведении очистных работ возможно при использовании механизированных комплексов, оснащенных системами автоматического управления. Системы автоматизации забойного оборудования базируются на использовании последних достижений в зарубежной практике в области контрольно-измерительной и вычислительной техники, а также новой элементной базы (системы  $70\,000$  и MIDAS в Великобритании, «Телсэйф СА» во Франции, системы фирмы «Мицуи Миике Машинери» в Японии и др.). Применение таких систем обеспечивает экономический и социальный эффекты: повышение оперативности получения информации, сокращение затрат времени на выработку решений, предупреждение аварийности и травматизма.

**Шахтная связь.** В промышленно развитых странах доминирующее положение продолжают сохранять традиционные проводные телефонные средства связи. Они постоянно совершенствуются, расширяются их функциональные возможности. Многие специалисты считают, что в ближайшем будущем более широкое применение найдут волоконно-оптические линии связи, перспективность которых из-за их многоканальности возрастает с внедрением ЭВМ и микропроцессорной техники. Однако по-прежнему сохраняют актуальность беспроводные и высокочастотные системы, позволяющие обеспечивать постоянную связь с подвижными объектами, в том числе горнорабочими, находящимися в шахте.

На общешахтную систему связи с шахтерами претендуют две разновидности аппаратуры. Первая работает в СВЧ-диапазоне и использует в качестве направляющего проводника щелевой коаксиальный кабель, протянутый по горным выработкам. Вторая значительно проще и дешевле, использует в качестве направляющего проводника обычный изолированный провод и работает на сравнительно низких частотах (порядка  $100\text{—}1000$  кГц). Последний вид аппаратуры нашел широкое применение на японских и австралийских шахтах, практически вытеснив обычные телефонные проводные средства. Известны три типа такой аппаратуры, изготавливаемой различными фирмами Японии: индуктивная радиотелефонная система фирмы «Коку-

сай Электрик» для угольных шахт; устройства индуктивной радиосвязи и оборудование централизованного дистанционного контроля для угольных и других шахт фирмы TST («Токио Сангю Цусинки Лтд.»); индуктивная радиосистема индивидуального пользования фирмы «Нагано джапан рейдио Ко. Лтд.».

Перечисленные системы связи различных японских фирм построены по одному и тому же принципу. Они представляют собой высокочастотные системы связи с использованием одной центральной станции и индивидуальных приемопередатчиков, а также прокладываемого по всем выработкам изолированного провода. Каждая из систем работает на одной из фиксированных частот в диапазоне 100—250 кГц и обеспечивает двустороннюю связь практически из любой точки шахты, где проложен направляющий проводник.

Японские системы индивидуальной радиотелефонной связи выполняют роль общешахтной, заменяя обычную телефонную. Правительство Японии ввело эти системы как обязательные для обеспечения безопасности на всех шахтах страны. По рекомендациям изготовителей индивидуальными приемопередатчиками оснащаются, как правило, каждый третий шахтер (фирма «Кокусай Электрик») и каждый пятый (фирма «Нагано»). К преимуществам такой системы относятся простое устройство, несложность установки и обслуживания, невысокая стоимость по сравнению с обычной телефонной системой и ее разветвленной кабельной сетью; простое и эффективное решение проблем оповещения, аварийной и поисковой связи: оперативность в работе. Одним из существенных недостатков является то, что система работает на одной частоте по принципу симплексной циркуляционной связи. Этот недостаток компенсируется простой структурной схемой, однако требует дисциплины и навыков в работе с такого рода аппаратурой. Фирма «Нагано джапан рейдио Ко. Лтд.», например, рекомендует разработать правила и обучить работе с такой аппаратурой весь персонал.

Высокочастотные (индуктивные) радиотелефонные системы японских фирм как средства безопасности позволяют оперативно решать вопросы оповещения, аварийной, поисковой и технологической связи.

**Подготовка шахтеров в области охраны труда.** В целях снижения уровня травматизма в угольной промышленности зарубежных стран предусмотрена обязательная подготовка шахтеров в области охраны труда. Обязательные курсы по обучению и подготовке персонала предприятий организуются непосредственно угольными компаниями. Значительная роль принадлежит высшим учебным заведениям: они принимают активное участие не только в организации курсов лекций, но и в разработке новых программ по борьбе с травматизмом.

В 90-х гг. роль подготовки персонала угольных предприятий

в области охраны труда в связи с переходом все большего числа предприятий на новую технологию добычи угля возрастает еще больше. По мнению зарубежных специалистов, для совершенствования программ подготовки необходимо тесное сотрудничество между угольными компаниями, фирмами — изготовителями горного оборудования, представителями профсоюза и правительства.

Представляет интерес разработанная в США «Экспертная система» на базе микрокомпьютерной техники, которая носит характер советующей в сложной аварийной обстановке в шахте. Эта система предназначена для совместного решения всевозможных задач экспертами и программой. Она позволяет решать задачу на уровнях, которые равны или превосходят компетенцию человека. Так, Горное бюро США разработало для шахт систему под названием «Старший забоя» («Фэйс босс»), которая может выполнять функции начальника участка, бригадира, горного мастера, специалиста по вентиляции и выдавать старшему в забое рекомендации-консультации по принятию решения на месте в его повседневной работе.

Система состоит из нескольких составных частей: базы знаний, блока выдачи рекомендаций, базы данных, интерфейса (природного языка) и включает в себя также портативный терминал с дисплеем на жидких кристаллах, который всегда находится под рукой у старшего лица в забое.

Система соединяется с центральным компьютером и способна постоянно корректировать свою базу данных, используя ежедневную информацию. Она помогает планировать и выполнять работу в полном объеме ответственности старшего забоя; способна помнить всю информацию, связанную с деятельностью управления охраны труда и техники безопасности, фирмы, владельца шахты, профсоюза в аспекте безопасности, травмирования и проблем личности и может рекомендовать старшему забоя информацию для составления документации.

В Университете штата Западная Виргиния в лаборатории искусственного интеллекта была разработана система FDSS обеспечения принятия решений в забое. Система основана на базе знаний и предназначена для работы в качестве «помощника» старшего лица участка, где работает проходческий комбайн. Она позволяет принимать более эффективные решения в области производства и техники безопасности.

В зарубежных странах выявлена тенденция развития автоматизированных оперативно-диспетчерских систем на базе информационных систем с постоянным их перерастанием в «советующие».

## ГОРНОСПАСАТЕЛЬНОЕ ДЕЛО

За рубежом разрабатывается и выпускается большая номенклатура аппаратуры защиты горноспасателей от газа и

высокой температуры и оказания медицинской помощи пострадавшим.

Ниже приведены технические характеристики двух дыхательных аппаратов (изолирующий респиратор W70 и воздушный спасательный двухбаллонный аппарат фирмы «Копекс» (Польша)).

#### Техническая характеристика

	W70	AP-3
Время защитного действия, мин	240	53
Вместимость баллона, л	2	—
Суммарная вместимость баллонов, л	—	8
Постоянная подача кислорода, л/мин	1,5	—
Давление в баллоне, МПа: кислорода	20	—
воздуха	—	20
Габариты, мм	480×430×148	685×340×130
Масса, кг	14	15,6

Фирма «Дрегерверк АГ Любек» (ФРГ) изготавливает самоспасатели ОхуK60GT и ОхуC15GT для тренировочных целей.

#### Техническая характеристика

	ОхуK60GT	ОхуC15GT
Лицевая часть	Загубник, защитные очки	
Сопротивление, Па: вдоху	490	490
выдоху	510	588
Температура вдыхаемого воздуха, °C	Соответствует температуре окружающего воздуха	
Температура хранения, °C	Н. д.	70
Давление, при котором срабатывает избыточный клапан, Па	196—392	196—392
Габариты, мм	136×220×302	125×320
Масса, кг	3,8	1,2

В Польше созданы кислородные изолирующие самоспасатели AV-9. Самоспасатель отличается прочной конструкцией, рассчитан на эксплуатацию в тяжелых условиях, оборудован легочным автоматом с комбинированной подачей кислорода и поглотительным патроном диоксида углерода. Используется в угольной промышленности Польши и экспортируется в США.

#### Техническая характеристика AV-9

Время защитного действия, мин	60
Вместимость кислородного баллона, л	0,4
Давление при заполнении баллона, МПа	20
Запас кислорода в баллоне, л	80
Постоянная подача кислорода, л/мин	1,3
Максимальная подача кислорода легочным автоматом, л/мин	50
Габариты, мм	282×195×98
Масса кг	3,7

Представляет интерес газоаналитическое оборудование, изготовляемое в Польше, ФРГ и Японии (табл. 46). Практически все приборы портативные или переносные, имеют искробезопасное исполнение.

Из перечисленных в табл. 46 приборов можно выделить комплект оборудования для переносной газоаналитической лаборатории, включающий в себя приборы «Комбиварн-50» и «Оксиком-25Д», а также набор химических газоопределителей.

Прибор «Комбиварн-50» позволяет определять в непрерывном режиме суммарное содержание в шахтной атмосфере горючих газов (водорода, оксида углерода, метана и его гомологов) и подавать сигнал опасности при достижении опасной концентрации.

Прибор «Оксиком-25Д» контролирует содержание кислорода и при снижении концентрации до определенного уровня подает сигнал опасности.

В газоанализаторах фирмы «Гезельшафт фюр геретебау» (ФРГ) интересны побудители расхода.

Аппарат «Пульмотор» совместно с аппаратом «Оксилог» (фирма «Дрегерверк») можно использовать в оперативной медицинской службе ВГСЧ для проведения искусственной вентиляции легких пострадавшим. Аппараты соответствуют последним достижениям медицинской техники для оказания скорой помощи.

Аппарат «Оксилог» обладает рядом достоинств: минутный объем дыхания регулируется бесступенчато (2—20 л/мин) с частотой дыхания 10—30 в минуту, при регулировании концентрации кислорода минутный объем дыхания остается неизменным.

При пожаротушении на зарубежных шахтах применяются различное оборудование и аппаратура. Представляет интерес для определения температуры поверхностей объектов, в том числе температуры самовозгорающихся пластов угля, радиометр «Термопойнт-80», разработанный и выпускаемый фирмой АГА (Швеция). Последний позволяет проводить измерения температуры от —30 до +1100° C. Точность измерений ±1%; ±1°; поле зрения 2°; габариты 254×170×75 мм. Питание — сухая или заряженная батарея.

Технические характеристики газоаналитического оборудования

Прибор	Определяемое вещество	Принцип детектирования	Диапазон измерения объемных долей, %	Погрешность измерения, %	Масса, кг
Фирма «Колекс» Польша)					
Индивидуальный метанометр	CH <sub>4</sub>	Термохимический	0—5,0	—	0,41
Индивидуальный индикатор опасности по метану IZM-2	CH <sub>4</sub>	То же	Настройка порога срабатывания в диапазоне 0,5—2,0	—	0,25
Эксплозиметр VE-1	Взрывчатые газы и пары	»	0—100 от НПВ CH <sub>4</sub>	±4—15	0,41
Шахтный хроматограф SCC-01	O <sub>2</sub> , N <sub>2</sub> , CO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> , CO, CH <sub>4</sub> , гомологи метана	По теплопроводности	—	—	40
Фирма «Дрегерверк АГ Любек» (ФРГ)					
«Вериегкс» В	CH <sub>4</sub> , взрывчатые газы и пары	Термохимический	0—2,5 0—50 от НПВ CH <sub>4</sub>	±0,1	2,3
«Комовары»	CO	Электрохимический	0—0,02	—	2,3
«Оксиком-25Ц»	O <sub>2</sub>	То же	0—25	±0,3	—
«Комбиварн-50»					
Метанометр G70/0001	Взрывчатые газы и пары, O <sub>2</sub>	Термохимический	0—50 от НПВ	—	—
Эксплозиметр G70/0013	CH <sub>4</sub>	Электрохимический	0—25	±0,3	0,6
G500 IExO		Термохимический	0—0,5	±0,1	—
«МикроСО»			0—5,0	—	—
G-3000	Взрывчатые газы и пары	То же	0—100	±5	0,5
«Ваботектор»			0—100 НПВ	—	—
		Электрохимический	0—25	—	—
	O <sub>2</sub>	То же	0—0,3	—	0,3
	CO			—	—
	CH <sub>4</sub>	Термохимический	0—5,0	—	—
	O <sub>2</sub>	Электрохимический	0—25	—	—
	CO	Термохимический	0—0,02	—	—
Япония					
Эксплозиметры: GP-82 CO-82 OX-82	Горючие газы и пары CO O <sub>2</sub>	Термохимический Электрохимический То же	0—100 от НПВ 0—0,02 0—25	±10 ±10 ±0,3	— — —

Микропроцессор совместно с прецизионной оптической системой позволяет проводить измерение температур в очень широком диапазоне.

Непрерывность измерения достигается без переключений и замены фильтров и диафрагм. Высокоскоростная цифровая память измеренных значений температур позволяет выполнить ручное сканирование термически неоднородных поверхностей. Все преобразования от детектора и далее осуществляет цифровая электроника. Прибор можно использовать для запоминания температурных измерений.

Аппарат искусственного дыхания при проведении спасательных работ на пожаре для автоматического регулирования подачи кислорода к органам дыхания пострадавшего разработан компанией «Компэйр Мэксэм Лтд.» (Великобритания). Этот аппарат имеет автоматическое регулирование подачи кислорода к органам дыхания пострадавшего, которое достигается с помощью пневматической обратной связи, действующей на систему подачи кислорода в процессе вентилирования легких. Комплект аппарата помещен в легкий саквояж. Техническая характеристика аппарата: дыхательный объем 0,30—0,85 л, объем за 1 мин 6,5—13,0 л, частота дыхания 15—21 вдохов в минуту.

Аппарат постоянно находится в состоянии готовности. Если у пострадавшего отсутствует спонтанное дыхание, то автоматическая система вентиляции включается и работает без участия спасателя. При восстановлении дыхания у пострадавшего подача кислорода прибором автоматически прекращается.

В ФРГ разработан тренировочный комплекс для подготовки пожарных, использующих дыхательные аппараты. Он позволяет изучать особенности работы в дыхательных аппаратах в условиях дымления и повышенной температуры. Состоит из четырех основных помещений: помещения физической подготовки, оборудованного велосипедными и ручными эргометрами, вертикальной «бесконечной» лестницей и цистерной с люками и лестницей; лабиринта, состоящего из секций, стыкуемых между собой в различных вариантах; теплодымокамеры и помещения, оборудованного пультом оператора, обеспечивающим включение средств освещения, связи, нагрева, задымления, а также систем телевизионной связи, включающей обычные и инфракрасные камеры, мониторы и видеомониторы.

Фирмой «Ангус Файр Армор Лтд.» (Великобритания) разработаны порошковые огнетушители в коррозионно-активных средах и при жестких условиях работы с возможными механическими воздействиями. Огнетушители серии XN имеют внешнее защитное эластомерное покрытие корпуса толщиной 3 мм из материала, используемого для защиты от коррозии и абразивного износа оборудования. Головка и выпускной канал огнетушителя выполнены из нержавеющей стали.

Возможность активного тушения пожаров в шахтах силами горноспасателей значительно расширилась в результате широкого использования таких пожаротушащих веществ, как пена, порошок, инертные газы и криогенные жидкости. Наибольшие успехи в этой области достигнуты в Венгрии, США, ФРГ, Великобритании и Японии. Фирмы МСА и «Нэшнл Ф. С.» серийно изготавливают пеногенераторы различного назначения и производительности.

Фирмы «Тоталь Вальтер», «Арго Фё», «Сикли», «Аигус» и др. серийно изготавливают ручные, автоматические огнетушители, порошковые пакеты и гранаты, установки и автомобили, противовзрывные порошковые установки.

Нашли применение газификационные установки с применением азота для тушения пожаров.

За рубежом наибольшее распространение получил азот. Установки, в которых используются тепловая энергия от сжигания нефтепродуктов, пропан-бутанол, предназначены для газификации и подачи азота с поверхности по трубопроводам. В ФРГ общая производительность азотных газифицированных установок составляет более 1300 м<sup>3</sup>/мин. Здесь широко начали применять воздухораспределительные установки ГАН-800 производительностью 800 м<sup>3</sup>/ч газообразного азота.

На шахтах применяются также установки водяного пожаротушения. В установках фирмы «Тоталь Вальтер» (ФРГ) используются в качестве датчика автоматического включения установки водяного пожаротушения стеклянные ампулы, наполненные низкокипящими жидкостями. Ампула устойчива против коррозии, а корпус и пробка выполнены из бронзы, которая в шахтных условиях достаточно устойчива к коррозии.

Характерной особенностью пожарного водоснабжения шахт является наличие высоких давлений, возникающих за счет сил тяжести столба жидкости от источника водоснабжения до потребителя.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ УГЛЯ

Наряду с традиционными способами и технологиями потребления угля в энерго- и теплотехнике, металлургическом и химическом производствах, в бытовом секторе и т. д. в мировой практике серьезное внимание уделяется научно-производственной деятельности в области нетрадиционного использования угля. Создаются и осваиваются промышленные технологии газификации угля (в том числе и подземной), ожидания угля, образования топливных водоугольных смесей, сжигания угля в кипящем слое и др.

Подземная газификация угля (ПГУ) привлекает внимание специалистов многих стран, поскольку обеспечивает возмож-

ность использования угольных месторождений (прежде всего их остатков) путем превращения угля в горючие газы, пригодные для промышленного использования. Состав смеси газов, получаемых в результате подземной газификации угля, и их свойства зависят от типа угля, геологических и производственных параметров станций ПГУ. Достоинства технологии подземной газификации угля — ее экономическая выгодность, высокий уровень безопасности труда, минимальный экологический ущерб. Во многих странах мира (США, Великобритания, Франция, Бельгия, ФРГ) ведутся работы по созданию опытных станций ПГУ. Опыты в области подземной газификации угля проводились также в ЧСФР, Польше и Италии.

Подземная газификация наиболее пригодна для разработки глубокозалегающих (до 1500 м) угольных пластов, и большинство ведущихся исследований в этой области ставит своей целью создание технологии подземной газификации угольных пластов на глубине 1500 м и более. При глубине залегания пластов до 300 м проведение ПГУ затруднительно ввиду возможного наличия неплотных зон в породах кровли, а главное, из-за опасности загрязнения подземных вод продуктами сгорания угля.

Подземная газификация угля осуществляется в два этапа: бурение скважин в пласт и их сбойка, собственно газификация. Сбойка скважин с созданием реакционных каналов является ответственной операцией реализации проектов ПГУ. Наиболее часто применяются следующие способы сбояки: гидравлическая проработка каналов с помощью форсунок высокого давления, помещенных в вертикальных скважинах; гидроразрыв пластов; противоточное огневое создание каналов; направленное бурение; сбойка с применением электрического тока.

Сбойка скважин с помощью электротока имеет практическое значение только для месторождений, залегающих на небольшой глубине. С увеличением глубины залегания возникают трудности технического характера и осложнения, вызываемые наличием воды. Важной проблемой является предотвращение образования электрической дуги вне угольного пласта вследствие избытка влаги и наличия металлических обсадных труб. Для угольных пластов с высокой проницаемостью наиболее подходит переменный ток низкой частоты (50 Гц), а для малопроницаемых пластов — постоянный ток высокой частоты (от нескольких мегагерц до 1 Гц).

Расстояния между скважинами при различных способах сбояки неодинаковы и колеблются на бурогольных пластах от 20 м (при использовании форсунок высокого давления) до 50 м (при сбояке с помощью электрического тока).

Оборудование для подземной газификации угля, которое применялось в США, действовало по одной и той же схеме — с использованием сравнительно узкого многократного фронта и отводом получаемого газа по сети параллельных каналов,

созданных в пласте. Расстояние между вертикальными скважинами при этом составляло 20—30 м, практиковалось противоточное огневое создание реакционных каналов.

Опыт показал, что при малой глубине залегания и значительной мощности угольных пластов экономично осуществить их подземную газификацию можно только при расстоянии между скважинами 30—40 м, а для пластов мощностью 2 м, залегающих на глубине 1000 м и более, экономичность ПГУ не обеспечивается в большинстве случаев и при расстоянии между скважинами 80—100 м.

Важнейшей задачей научных исследований в области ПГУ является разработка такой технологии подземной газификации, которая обеспечивала бы возможно большее расстояние между скважинами, или, иными словами, при которой требовалось бы минимальное число скважин, буримых с поверхности на единицу площади месторождения. В связи с этим большое внимание уделяется вскрытию пластов скважинами направленного бурения, что позволяет осуществлять газификацию угольного месторождения средних размеров с помощью всего нескольких скважин.

В качестве дутья используют воздух или кислород (каждый либо в отдельности, либо в смеси с водяным паром или углекислым газом). Применение воздуха приводит к разогреву азота в реакционном канале, что ухудшает тепловой баланс. Это проявляется в снижении содержания  $\text{CO}$  и  $\text{CO}_2$ , а также углеводородов в образующейся смеси и, следовательно, в снижении ее теплоты сгорания.

Включение в состав дутья водяного пара или углекислого газа способствует повышению эффективности использования реакционного тепла. Однако использование водного пара ограничено глубиной залегания угольных пластов. При работе глубоких газогенераторов водные пары конденсируются на стенках скважин, из-за чего пар поступает в генератор в виде жидкости, выпаривание которой снижает эффективность газогенератора из-за большого расхода тепла.

Использование углекислого газа не ограничивается глубиной залегания газифицируемого пласта. Кроме того, газ можно отделять от получаемого газа абсорбционным путем и вновь возвращать в технологический цикл ПГУ.

На первых станциях ПГУ (на пластах малой мощности) в основном были получены низкокалорийные газы при использовании в качестве дутья воздуха, обогащаемого кислородом.

Переход к подземной газификации глубокозалегающих пластов с подачей дутья под давлением до 5 МПа открывает перед этой технологией новые перспективы.

В настоящее время на практике используют три основных технологических варианта ПГУ:

производство низкокалорийного газа (для снабжения элект-



ростанций) при применении в качестве дутья смеси воздуха с водяным паром;

производство газа со средней теплотой сгорания, используемого как сырье для химических предприятий, при применении в качестве дутья смеси кислорода с водяным паром;

производство газа, способного заменять природный газ (обогащение получаемого газа метаном достигается за счет подачи под высоким давлением смеси газов с высоким содержанием водорода; по данным последних исследований следует ожидать отказа от использования в дутье водорода).

Состав и качество получаемой при ПГУ газовой смеси зависят от скорости протекания реакции и объема угля, вступившего в реакцию.

Независимо от технологии ПГУ в угольном пласте можно выделить три главные реакционные зоны: сушки — при температуре  $0-300^{\circ}\text{C}$ , пиролиза —  $300-700^{\circ}\text{C}$ , газификации —  $700-1200^{\circ}\text{C}$ . В зоне сушки испаряется гидроскопически связанная и кристаллическая вода. При температуре  $300-700^{\circ}\text{C}$  происходят пиролиз, превращение битуминозных веществ в газообразные продукты:  $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{H}_2$  и высшие углеводороды. При нагреве угля до температуры выше  $700^{\circ}\text{C}$  начинается образование кокса, и в дальнейшем происходит собственно газификация кокса.

В настоящее время уже нет сомнений в том, что подземная газификация является одним из перспективных путей производства синтетического топлива (синтез-газа, метанола).

Корпорация «Бритиш коул» (Великобритания) подготовила проект эксперимента по ПГУ стоимостью 22,5 млн долл., рассчитанный на 5 лет. Цель эксперимента — определение возможности осуществления подземной газификации глубокозалегающих угольных пластов с использованием скважин, пробуренных с поверхности. Согласно проекту, эксперимент будет проводиться на угольном пласте мощностью 1,9 м на глубине около 610 м. Для эксперимента выбран изолированный, с точки зрения геологической структуры, участок угольного пласта, который расположен в стороне от имеющихся и будущих выработок. Всего в случае успеха за пятилетний период будет газифицировано 30—60 тыс. т угля.

Компания «Пибоди коул» и Технологический центр по энергетике министерства энергетики США разработали программу экспериментов по подземной газификации каменного угля на угленосных участках в штате Иллинойс. Программа стоимостью в 24 млн долл. рассчитана на 8—10 лет.

В течение последних лет министерство энергетики США провело 14 экспериментов в области подземной газификации угля. Нефтяные и газовые компании, а также компании по производству электроэнергии вложили миллионы долларов в разработку данной технологии. Так, научно-исследовательская

компания «Галф рисэрч энд дивелопмент» затратила 18 млн долл. на подземную газификацию угля в штате Вайоминг, где введен в эксплуатацию демонстрационный участок производительностью 182 т/сут. Его работа показала эффективность подземной газификации наклонных пластов суббитуминозного угля, разработка которых традиционным способом была бы неэкономична.

Согласно некоторым прогнозам, в ближайшие годы в США будут введены в эксплуатацию первые промышленные участки ПГУ. Однако в целом оценки перспектив осуществления ПГУ в промышленных масштабах все еще разноречивы. Так, некоторые специалисты считают, что только в случае резкого ухудшения положения в области газо- и нефтеснабжения этот способ разработки угольных месторождений может оказаться жизнеспособным.

**Газификация угля.** Во все больших объемах ведутся работы по созданию и промышленному освоению специальных установок для газификации добытого угля.

Компания «Синтезе-газ-анлаге Рур» (ФРГ) строит в Оберхаузен-Хольтене первую в стране промышленную установку второго поколения по газификации каменного угля. Общие капиталовложения на сооружение этой установки составляют около 220 млн марок.

Проект предусматривает газификацию каменного угля по способу американской компании «Тексако дивелопмент». Для испытания этого способа компаниями «Рурколе оль унд газ» и «Рурхеми» построена опытная установка по газификации угля производительностью 15 тыс.  $\text{м}^3/\text{ч}$  синтез-газа, которая работает с 1978 г. Здесь же испытано и специально созданное оборудование. Полученный опыт был использован при конструировании оборудования для новой установки, которая рассчитана на поступление угля примерно 30 т/ч (в пересчете на условное топливо), что обеспечит производство 50 тыс.  $\text{м}^3/\text{ч}$  синтез-газа и водорода. Газификация обогащенного угля производится с кислородным дутьем при температуре  $1500^{\circ}\text{C}$  и давлении 4 МПа. Сырой газ охлаждается до  $700^{\circ}\text{C}$  в струйном охладителе и очищается. При очистке газа примерно 90% примесей оседает в водяной ванне в зумпфе струйного охладителя и отводится по системе шлюзов. После струйного охладителя газ разделяется на два потока — синтез-газ и водород. Далее оба потока подвергаются дальнейшему охлаждению и очистке с получением синтез-газа (с соотношением  $\text{H}_2:\text{CO}=1:1$ ) и чистого водорода. Установка полностью удовлетворяет требованиям защиты окружающей среды, поскольку в процессе очистки газа содержащаяся в угле сера извлекается в виде твердой элементарной серы.

В Оберхаузен-Хольтене работает установка по газификации угля «Синтезе-газ-анлаге Рур». Установка предназначена для

переработки 250 тыс. т угля в газ ежегодно. Она должна производить 320 млн м<sup>3</sup> синтетического газа и 140 млн м<sup>3</sup> водорода. Капитальные затраты на сооружение установки составили около 220 млн марок.

Получаемый газ будет использоваться в химической промышленности. Министерство экономики ФРГ и министерство экономики земли Северный Рейн-Вестфалия будут субсидировать эксплуатацию этой установки в размере 60 марок на 1 т у. т. Разработка технологии газификации угля концерном «Рурколе» проводилась 8 лет. Проект и монтаж установки были выполнены фирмой «Уда» за два года.

Американские компании «Кайзер инжиниринг энд конструкторс» и «Льюмус Крест» разработали проектное задание к аванпроекту строительства возле одной из шахт КНР завода по газификации угля ориентировочной стоимостью 800 млн долл. США.

Среднесуточная производительность установки — около 2 млн м<sup>3</sup> газа со средней теплотой сгорания. Газ будет подаваться по трубопроводу длиной 276,7 км в Пекин, где будет использоваться в промышленности и для бытовых нужд.

В ряде стран уже затрачены значительные средства на совершенствование и модернизацию технологий газификации угля. И если ранее она применялась для производства синтез-газа, то в настоящее время начала использоваться в энергетике. Это так называемые комбинированные циклы, совмещающие сжигание каменного угля и синтез-газа, получаемого в процессе газификации.

Нидерландская компания по производству электроэнергии объявила о строительстве первой в Нидерландах и крупнейшей в мире ТЭС на технологии газификации угля мощностью 250 тыс. кВт вблизи г. Роермонда. Для планируемой ТЭС выбрана технология газификации угля, разработанная компанией «Шелл». Данная технология достаточно чистая с точки зрения охраны окружающей среды, наиболее экономична и в сочетании с модернизированными газовыми турбинами наиболее привлекательна для расширяющегося во всем мире строительства ТЭС, работающих на угле.

В Италии намечено строительство ТЭС, основанной на технологиях, разработанных фирмами «Лурги» и «Бритиш гэз». В ФРГ компания «Райнш Вестфелише Электрицитетоверк» планирует в 1991—1993 гг. строительство парогазотурбинной электростанции мощностью 300 МВт с собственной установкой газификации бурого угля. Преимуществом таких электростанций, совмещающих газопаротурбинный процесс с газификацией, является снижение расходов топлива на 25% для производства 1 кВт·ч, при этом практически исключается вредное воздействие на окружающую среду.

**Ожижение угля.** В центре внимания исследований находятся

методы гидрогенизации угля (через стадии газификации и синтеза по Фишеру — Тропшу).

Экономическое сопоставление технологии гидрогенизации угля по процессу SRS-II (США) с технологией JG (ФРГ) показывает, что капитальные затраты по американской технологии на 30% выше, чем по немецкой, а эксплуатационные затраты больше на 10% (с учетом соблюдения равных условий).

Прямое ожижение угля в 1,5 раза дороже, чем газификация угля в среднекалорийный газ (в усовершенствованном газогенераторе). Отмечается также, что синтетические жидкие топлива из угля по экономическим показателям не конкурируют в настоящее время с нефтяными продуктами. Сырая нефть и природный газ пока еще значительно дешевле продуктов, полученных при ожижении угля. Затраты на производство бензина превышают в 1,5—2,0 раза рыночные цены на бензин, и это делает ожижение угля пока еще экономически невыгодным процессом. Рассчитано, что в случае эксплуатации установки производительностью 50 тыс. баррелей/сут, стоимость 1 барреля (1 баррель=159 л) продукта будет составлять 46 долл., или 288 долл./м<sup>3</sup>.

В перспективе предполагается строительство промышленных установок производительностью 2500—3000 т/сут угля с привлечением финансовых средств частных фирм и государственных предприятий. Считают, что промышленное производство синтетических жидких топлив из угля ожидается не ранее середины 90-х гг.

Угледобывающая компания «Юнайтед коул» работает над созданием нового вида топлива, представляющего собой смесь сжиженного угля и дизельного топлива, которое может сжигаться в дизельных двигателях без их модификации. Прошли испытания грузовика грузоподъемностью 125 т, двигатель которого был заправлен смесью сжиженного угля и дизельного топлива в соотношении 50:50. По мнению специалистов, разработанное топливо можно использовать не только в автотранспорте, но и на железнодорожном транспорте и в судовых двигателях, также не прибегая при этом к какой-либо модификации двигателей. Со временем соотношение компонентов сжиженный уголь и дизельное топливо будет составлять 70:30. По сравнению с дизельным топливом новая горючая смесь является более дешевой и эффективной, поскольку она характеризуется большой теплотой сгорания.

В Латроб-Вэлли (США) осуществляется проект строительства установки для переработки бурого угля в синтетическое жидкое топливо, стоимость которого составляет 170 млн долл. В финансировании проекта принимают участие правительство Японии, федеральное правительство Австралии и правительство штата Виктория. Проект предусматривает строительство вблизи угольного разреза крупной опытной установки по переработке

угля в жидкое топливо с расходом угля 50 т/сут. Эксплуатация установок позволяет накопить данные, необходимые для создания в будущем более крупной демонстрационной установки, потребление угля которой составит, возможно, 5000 т/сут.

Двустадийная гидрогенизация с использованием соответствующих катализаторов обеспечит эффективный процесс переработки угля в жидкое топливо в относительно мягких условиях протекания реакций.

В 1992 г. в США намечено строительство предприятия «Сасол» для производства метанола на 100 млн т угля в год. В ФРГ на опытном заводе в Боттроне (производительностью по углю 200 т/сут), совершенствуется технология прямого ожижения угля. В Австралии на пилотной установке производительностью по углю 50 т/сут в 1989 г. осуществлен процесс ожижения бурого угля.

**Водо-угольные смеси.** В настоящее время действуют полупромышленные установки по приготовлению топливных суспензий (США, Канада, Швеция, Япония, ФРГ, Италия и др.). Наиболее перспективными по технико-экономическим данным считают водо-угольные суспензии из обогащенных углей тонких классов, отличающихся низкими зольностью и сернистостью, высокой теплотой сгорания и имеющих размеры зерен, достаточные для приготовления суспензии без додрабливания.

В отчете о деятельности Угольного отдела Международного агентства по энергетике описывается ряд исследований, представляющих определенный интерес. Это прежде всего касается исследований экономической целесообразности использования вместо мазута водо-угольной смеси. Разработаны и испытаны методы ее подготовки и сжигания, однако полностью технология этого процесса не проработана.

Расчеты показывают, что использование водо-угольной смеси вместо тяжелого топливного мазута обходится в зависимости от цен на уголь, его качества, размеров установки для сжигания, смеси и других факторов дешевле почти на 2 долл. за 1 ГДж. Проведенные исследования показали также, что переоборудование топок на использование в качестве топлива водо-угольной смеси экономически выгодно, так как срок окупаемости невелик. Считают, что в будущем даже при снижении спроса на топливный мазут, который в настоящее время составляет около 300 млн т/год, объем рынка для водо-угольной смеси составит 56 млн т/год.

Фирмы АРССОА и СОМСО подписали соглашение о поставках в промышленных масштабах водо-угольной смеси для производства электроэнергии. Планируется расширить завод в г. Саттона, где ранее уже было произведено свыше 200 тыс. т жидкого топлива, представлявшего собой смесь угля и дизельного топлива, для электростанции «Бартоу» компании «Флорида Пауэр». Водо-угольная смесь состоит из 65—70% угля

крупностью менее 10 мкм, воды и небольших добавок химического стабилизатора.

В последние годы в Австралии интенсивно велись работы по изучению возможности перевода котельных на использование вместо нефти водо-угольного топлива при минимальных затратах на их реконструкцию, несмотря на то, что в целом потенциальная область применения такого топлива в стране невелика.

Не следует отождествлять водо-угольные смеси с угольными пульпами, предназначенными для систем трубопроводного гидротранспорта; содержание твердого в угольных пульпах обычно составляет 50—60% при средней крупности частиц 200 мкм (максимальная крупность до 20 мм), а динамическая вязкость не превышает 50 МПа·с. Содержание твердого в водо-угольной смеси, как правило, составляет 70% при средней крупности частиц 25—50 мкм и динамической вязкости 500—5000 МПа·с. Это позволяет подавать смесь в топки насосами или впрыскиванием.

Технология приготовления водо-угольной смеси зависит от свойств исходного угля: способности к измельчению, содержания влаги, поверхностных химических свойств, а также от гранулометрического состава. Вначале производится тонкое измельчение угля в обычном дезинтеграторе, а затем одно- или двухстадийное мокрое измельчение, в результате чего получают частицы различной крупности, которые в дальнейшем смешивают. Одностадийное измельчение используется для приготовления водо-угольной смеси с содержанием угля 65—75% по массе и частиц диаметром в среднем 50 мкм. При двустадийном измельчении диаметр более крупных частиц (70% по массе всего угля) составляет в среднем 120 мкм, диаметр более тонких — 15 мкм. Помимо этого, в водо-угольную смесь добавляют 1% реагентов для обеспечения необходимой текучести и стабильности при хранении. Водо-угольная смесь может быть использована только вместо нефти в стационарных средних и больших котельных установках.

Шведская фирма «Флюидкарбон интернациональ» в целях обеспечения перевода котельных с нефти на каменный уголь разработала метод получения котельного топлива в виде высококонцентрированной водо-угольной смеси. В состав этого топлива, получившего название «флюидкарбон», помимо тонкоизмельченного низкосольного угля (65—75%) и воды, входит специальная химическая добавка (~1%). В Мальмё была введена в эксплуатацию промышленная установка производительностью 250 тыс. т/год, что соответствует по теплоте сгорания примерно 125 тыс. т топливного мазута.

Для приготовления водо-угольной смеси «флюидкарбон» используется уголь, импортируемый из Польши. Приготовление топлива осуществляется в четыре стадии: мокрое измельчение

# Техническая характеристика

Часовая производительность, т (на сухую массу)	25
Удельный расход потребляемой энергии, кВт·ч/т (на сухую массу)	75
Установленная мощность электрооборудования, МВт	3,2
Снижение зольности, %	70
Снижение содержания пирита, %	60
Выход обогащенного угля в процессе флотации, %	97
Число смен в сутки	5
Расход воды на 1 т топлива, м³	0,35
Коэффициент готовности, %	90

угля в шаровых мельницах; обогащение измельченного продукта во флотационных камерах; обезвоживание флотоконцентрата на барабанных вакуум-фильтрах; смешивание и усреднение горючей смеси.

Большая часть произведенного до сих пор топлива была потреблена тепловой электростанцией средних размеров в Лунде.

На электростанции «Сидкрафт» в Мальмё были переоборудованы для использования водо-угольной смеси два котла тепловой мощностью 20 МВт. Топки для сжигания водо-угольной смеси снабжены форсунками для распыления этого топлива.

В 1986 г. в ЮАР была введена в строй вторая очередь теплоэлектростанции «Летабо», работающей на низкокачественном угле. На теплоэлектростанции установлены 6 котельных установок (вместе с двумя действующими) паропроизводительностью 1830 т/ч каждая. Пар поступает непосредственно в подсоединенный к котлу турбогенератор мощностью 618 МВт. Возможность использования низкокачественного угля обеспечена благодаря усовершенствованию конструкции котельных установок. До настоящего времени на электростанциях компании ЭСКОМ сжигали уголь с теплотой сгорания 21 МДж, а на мировом рынке страна поставляла энергетический уголь с теплотой сгорания 27—29 МДж, поэтому на теплоэлектростанцию «Летабо» поступает низкокачественный уголь с теплотой сгорания всего 16 МДж и зольностью до 12%. Имеющихся запасов угля достаточно для удовлетворения потребностей в топливе современной теплоэлектростанции мощностью 3600 МВт с расчетным сроком службы 40 лет. Технология, применяемая на электростанции «Летабо», позволяет использовать низкокачественный уголь в котельных установках большого размера.

Устойчивость и эффективность сгорания были достигнуты благодаря применению горелок усовершенствованной конструкции фирмы «Бабкок Пауэр», а также за счет поставки угля равномерного качества, практически одной теплоты сгорания —

16 МДж, что достигалось путем смешивания углей различного качества.

**Получение экологически чистого топлива** — одно из важнейших направлений в области использования угля. Работы в этом направлении ведутся практически во всех угледобывающих странах мира — США, ФРГ, Франции, Австралии и др.

В Австралии (штат Новый Южный Уэльс) с конца 1988 г. находится в эксплуатации опытная установка по получению экологически чистого почти беззольного угольного топлива. Выделено 2 млн долл. на проведение в течение двух последующих лет работ по дальнейшему совершенствованию процесса получения экологически чистого топлива. Намечено сооружение передвижной полупромышленной установки по получению на базе угля топлива зольностью менее 1%. Зольность добываемого угля достигает 35%, что рассматривается как «идеальный» показатель для испытания данного процесса. Обычные способы обогащения позволяют снизить зольность угля только до 6—12%.

До настоящего времени объемы получения экологически чистого угольного топлива на основе процесса, разработанного специалистами Австралии, были ограничены. На ближайшие годы в рамках Национальной программы исследований в области энергетики на работы по проектированию и сооружению полупромышленных установок ассигновано 383 тыс. долл.

Для сбыта топлива, которое будет выпускаться в порошкообразном или жидком виде, создана компания «Оскоул». Новое угольное топливо предполагается экспортировать в страны региона Тихого океана, где оно может заменить топливный мазут.

Во Франции, где последнее время делалась ставка на ядерную энергетику, намечено построить серию ТЭС на угле. Государственное управление «Электрисите де Франс», сосредоточившее в своих руках строительство АЭС, объявило, что приступает к строительству первой крупной из намеченной серии ТЭС, которые будут базироваться на технологиях чистого сжигания угля. Программа выполняется совместно с Государственным угольным управлением «Шарбоннаж де Франс».

Для строящихся угольных ТЭС выбрана технология сжигания угля в кипящем слое, предназначавшаяся ранее лишь для ТЭС небольших мощностей. «Электрисите де Франс» передало заказ фирме «Лурги» (ФРГ) на сооружение первой крупной установки по сжиганию угля в кипящем слое для ТЭС мощностью 250 тыс. кВт. Предполагается в дальнейшем увеличить мощность таких ТЭС до 600 тыс. кВт. К осуществлению данного проекта привлечена также финская компания «Альстром». В случае успеха проекта начиная с 1995 г. за 15 лет будет осуществлена программа строительства ТЭС, работающих на угле, сжигаемом в кипящем слое.

Число новых угольных ТЭС будет зависеть от положения дел в ядерной энергетике, спроса на электроэнергию, тенденций в динамике цен на ископаемые виды топлива, прогресса в технологиях во всех отраслях энергетики, а также от требований законодательства по охране окружающей среды.

Технология сжигания угля в кипящем слое была выбрана и для строительства первой из серии частных угольных ТЭС на технологиях чистого сжигания угля в Билсторпе (графство Ноттингемшир) в Великобритании при поддержке государственной угольной корпорации «Бритиш коул».

До настоящего времени около 150 блоков на технологии сжигания угля в кипящем слое было построено или строилось в различных частях земного шара, из них 76 — в странах Северной Америки и один — в Великобритании (для бумажной фабрики в Шотландии).

### ЗАЩИТА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Проблема защиты окружающей среды в развитых промышленных странах возникла сравнительно недавно. Лишь в конце 60-х гг. в странах Западной Европы были приняты законодательные акты по охране природы. С 1972 г. эти страны начали координировать свои действия при проведении природоохранных мероприятий. За прошедшие годы достигнуты значительные результаты, но тем не менее рост промышленного производства требует приложения новых усилий в этой области. В связи с этим в 1987 г. в странах ЕЭС была принята новая программа природоохранной деятельности, рассчитанная на 1987—1992 гг. Основу этой программы составили следующие положения: ужесточение природоохранных норм и стандартов и установление строгого контроля за их соблюдением; увеличение инвестиций на охрану природы; более тесная взаимосвязь между экологией и экономикой. Аналогичные процессы наблюдались также в США, Японии, Канаде и других промышленно развитых странах.

В разных странах мира действуют различные подходы к решению проблемы, различные стандарты и природоохранные нормы. Нарушение природоохранного законодательства в большинстве стран карается штрафами, размеры которых определяются величиной причиненного ущерба.

Различие в уровне экологических требований и нормативов в разных странах играет негативную роль, так как может привести к перемещению отраслей промышленности с более сильным техногенным воздействием на окружающую среду, к которым относятся все горнодобывающие отрасли, в том числе и угольная промышленность, в страны с более низкими требованиями. Это обстоятельство может быть использовано отдельны-

ми предприятиями для достижения преимуществ в конкурентной борьбе, а также в определенной степени будет служить препятствием на пути развития новых, более совершенных с экологической точки зрения, промышленных технологий и оборудования, новых эффективных способов и средств охраны природы. В связи с этим возникает необходимость согласования и выработки единых международных требований и нормативов по охране окружающей среды, создания во всех странах эффективных систем контроля за ее состоянием и организацией международных контролирующих организаций.

В угольной промышленности основные усилия в области охраны окружающей среды сосредоточены на четырех основных направлениях:

- рациональное использование и охрана водных ресурсов, включая подземные, грунтовые и поверхностные воды;
- охрана атмосферного воздуха;
- рациональное использование земельных ресурсов и рекультивация нарушенных земель;
- комплексное использование отходов добычи и обогащения угля.

**Использование и охрана водных ресурсов.** Рациональное использование и охрана водных ресурсов за рубежом достигается за счет сокращения забора свежей воды из источников водоснабжения; снижения притоков подземных, грунтовых и поверхностных вод в горные выработки шахт и разрезы; внедрения оборотных и замкнутых систем водоснабжения на предприятиях; использования дренажных, шахтных и карьерных вод для технических нужд промышленных предприятий, а также в сельском хозяйстве; лимитирования расхода питьевой и технической воды на производственные нужды; очистки загрязненных сточных вод перед сбросом в природные водоемы.

Основными загрязнителями шахтных и карьерных вод, на долю которых приходится 86% общего объема, являются взвешенные вещества, нефтепродукты, минеральные соли, соли тяжелых металлов (железо, алюминий), бактериальные примеси, а хозяйственно-бытовых сточных вод — органические вещества, взвешенные вещества, биогенные элементы, бактериальные примеси.

Для очистки шахтных и карьерных вод применяются механические (отстаивание, фильтрование) и физико-химические (обработка коагулянтами, флокулянтами, нейтрализующими и хлорсодержащими реагентами с последующим отстаиванием, осветлением в слое взвешенного осадка и фильтрования) методы. Применяемые физико-химические методы, сооружения и аппараты позволяют достаточно эффективно очищать нейтральные пресные шахтные и карьерные воды от взвешенных веществ, нефтепродуктов и бактериальных загрязнений и обеспечивают сброс их в природные водоемы с соблюдением установ-

ленных нормативов. Механические методы очистки имеют более низкую эффективность.

Промышленность США, ФРГ, Японии, Франции и других развитых стран обладает широким ассортиментом химических реагентов, что позволяет осуществлять выбор наиболее эффективных из них с учетом состава и свойств очищаемой воды.

Очистные сооружения в этих странах отличаются высокой степенью механизации и автоматизации технологических процессов, высоким уровнем эксплуатации и культурой производства.

В ряде зарубежных стран (США, ФРГ, ЧСФР, Канада и др.) значительный объем приходится на шахтные воды с кислой активной реакцией ( $pH < 6,5$ ) и высоким содержанием солей железа. Очистка кислых шахтных вод во всех странах осуществляется по единой технологии, включающей предварительную аэрацию, обработку нейтрализующими реагентами (в качестве последних используются известь, известняк, апатиты), осветление воды, уплотнение и обезвоживание образующегося осадка (последний обычно складывается в специально отведенных местах).

В США были проведены исследования по использованию для очистки кислых шахтных вод пресноводных водорослей. Опыты, проводившиеся в горизонтальной горной выработке одной из отработанных шахт, показали, что удаление металлов (железа и марганца) с помощью водорослей может оказаться эффективным. Полученные результаты биологического метода нейтрализации кислых вод представляются весьма интересными и свидетельствуют о необходимости проведения широких исследований в этой области.

Проблема обезвреживания минерализованных шахтных вод пока еще не нашла практического решения. Промышленная установка по комплексной переработке минерализованных шахтных вод с получением дистиллята и минеральных солей действует на шахте «Дембенско» в Польше с уникальными условиями (воды хлоридно-натриевые с минерализацией до 10 г/л). На остальных шахтах страны, а также на шахтах других европейских государств, шахтные воды с высоким содержанием солей не опресняются в связи с большими капитальными и эксплуатационными затратами. Обезвреживание их производится в основном методом регулируемого сброса.

За рубежом хозяйственно-бытовые сточные воды очищаются биологическим способом, обеспечивающим при соблюдении технологического регламента достаточно высокую эффективность.

Представляет интерес комплекс мероприятий, выполнявшихся на разрезах бывшей ГДР, по очистке сточных вод и последующему их использованию для хозяйственных нужд. Здесь при добыче бурого угля ежегодно откачивалось более 1,5 млрд м<sup>3</sup> подземных вод с использованием для этой цели 7000—7500 дре-

важных скважин и колодцев. В оборотном цикле брикетных фабрик находилось примерно 100 млн м<sup>3</sup> воды.

Более 50% сточных вод, образовывавшихся при ведении открытых горных работ, — кислые; показатель pH от 7 до 3. Среднее содержание железа (как правило, в сульфатной форме) в этих водах — 50 мг/л (доходило до 150 мг/л). Все кислые железосодержащие воды подвергались нейтрализации на станциях нейтрализации с помощью гранулированной извести или гидрооксида кальция (отходы ацетиленового производства). Известь вводилась в виде известкового молока с активностью 10%, гидроксид кальция — в виде суспензии или сухого порошка с активностью 40—60%.

Осветление воды после нейтрализации производилось в основном в прудах-осветлителях, сооруженных в близлежащих отработанных разрезах. Осветленная вода с pH 7—8 и содержанием железа до 5 мг/л сбрасывалась в поверхностные водоемы или направлялась потребителям, а железосодержащий осадок (шлам) оставался на месте выпадения и практически не утилизировался из-за высокой стоимости обезвоживания. После заполнения поверхность прудов-отстойников рекультивировалась.

Сточные воды брикетных фабрик загрязнены в основном взвешенными веществами, их очистка производилась в прудах-отстойниках, расположенных в отработанных разрезах, которые при заполнении их шламом рекультивировались. В некоторых случаях очистка сточных вод брикетных фабрик совмещалась с очисткой карьерных вод или хозяйственно-бытовых стоков, либо промышленных стоков коксовых заводов. Брикетные фабрики работали на замкнутом цикле водоснабжения с использованием воды, очищенной в прудах-отстойниках.

Важное значение придавалось использованию очищенных вод для технического и питьевого водоснабжения, особенно в густонаселенных районах. Основные потребители воды: брикетные фабрики и коксовые заводы, ТЭЦ, машиностроительные заводы, хозяйственно-бытовые объекты. Так, в районе Лаузитц для водоснабжения использовалось около 30% карьерных вод. Производственные затраты на их подготовку относительно низкие: 0,1 марка/м<sup>3</sup> питьевой воды, полученной на районной водопроводной станции суточной производительностью 400 тыс. м<sup>3</sup>. Соответствующие расходы при подготовке поверхностных вод составляли 1,5 марки/м<sup>3</sup>.

**Охрана воздушного бассейна.** Основными источниками загрязнения воздушного бассейна на предприятиях угольной промышленности являются горящие породные отвалы, котельные, сушильные установки обогатительных и брикетных фабрик, аспирационные системы.

В зарубежной практике для очистки дымовых газов широко используется безотходная технология фирмы «Хальдер Топсе»



(Дания), обеспечивающая очистку выбросов от оксидов серы и азота до 90—95% с последующей их утилизацией.

Для очистки выбросов от пыли сушильные установки обогащательных фабрик оснащаются современными пылеулавливающими установками. Очистка выбросов аспирационных систем осуществляется в аппаратах сухого и мокрого способов очистки.

На угольных разрезах выделение вредных веществ в атмосферу происходит при работе горнотранспортного оборудования, складирования угля и вскрышных пород, буровзрывных работах. Кроме технологических процессов и работающих механизмов, источниками выбросов в атмосферу являются открытые угольные склады, породные отвалы, рабочие и нерабочие борта разрезов.

За рубежом при расположении предприятий в густонаселенных районах строятся закрытые герметичные склады, системы транспортирования, разгрузки и погрузки угля. Открытые угольные склады ограждаются щитами для защиты от ветра, оборудуются системами орошения. Фирма «Юлиус Кох» (Дания) изготавливает легкие и прочные щиты из полиэфирных пластмасс, снижающие пылеобразование при хранении и транспортировании угля не менее чем на 80%. Для повышения эффективности систем орошения и устранения переувлажнения угля применяют различные химические добавки: «Гидродайн» (США), MST (Великобритания) и др.

Новым техническим решением в технологии пылеподавления является создание водонепроницаемых синтетических пленок на пылящей поверхности. Фирмой «Эдгар Воугхен» (Великобритания) разработан эффективный реагент для этих целей — эмульсия «Биндер М166». Она используется в объемной концентрации 2—8% с расходом 2,5—3,5 м<sup>3</sup>/100 м<sup>2</sup> поверхности. Время высыхания при температуре воздуха +20° С, относительной влажности 90% и скорости ветра 15 м/с составляет 3,5 ч. В сочетании с жидкостью «Даст контрол G65» эмульсия может применяться также для пылеподавления на технологических автодорогах. Поверхность дорог и пыль остаются влажными в 3 раза дольше, чем при обработке их обычной водой. Эффективным средством подавления пыли в США признана система пенного типа, изготовляемая фирмой «Де Тер». Расход воды при ее применении снижается и составляет не более 2 л/т обрабатываемого материала.

Важными техническими мероприятиями с точки зрения защиты от загрязнения воздушного бассейна в районах добычи угля являются современные способы отсыпки породных отвалов на шахтах и их озеленение.

Если раньше на шахтах Рурского бассейна в ФРГ отвалы имели коническую форму, а затем перешли к устройству плоских отвалов, то в настоящее время преобладает подковообразная (в плане) форма отвалов со склонами, заложенными под

различными углами для удобства озеленения их растениями различных пород.

При сооружении новых отвалов из соображений охраны окружающей среды продолжают использовать рельсовый транспорт, хотя для этого необходимы значительные капиталовложения на строительство бункеров, погрузочных пунктов и т. п. В связи с этим около 60% размещаемых в отвалах пород было транспортировано не по автомобильным дорогам общего пользования. Непосредственная доставка породы в отвалы ведется преимущественно автосамосвалами грузоподъемностью до 80 т. После отсыпки выполняют планирование отвала тяжелыми машинами на гусеничном ходу и уплотнение породы (в 1 м<sup>3</sup> размещают не менее 2 т породы). Это предотвращает опасность самовозгорания и препятствует проникновению воды из атмосферных осадков внутрь отвала.

Для исключения пылевой и шумовой нагрузок на окружающую местность сооружают перед отсыпкой очередного яруса отвала защитные валы высотой, по крайней мере, на 2 м превышающей этот слой. Верхний ярус отвала высотой 2 м, в отличие от нижних, не подвергается уплотнению, что способствует образованию корневой системы посадок. Для отсыпки верхнего яруса наиболее пригодна порода крупностью до 80 мм с высоким содержанием мелких классов, обладающая хорошими свойствами с точки зрения выветривания и возможно меньшим содержанием вредных для растений веществ.

Противостоящими выветриванию свойствами обладают, как правило, сланцевые глины карбона, однако с увеличением содержания кварца эти свойства ухудшаются. Вредны для растений породы с высоким содержанием пирита; по возможности их рекомендуется размещать в средней части отвала.

На каждые 2500 м<sup>2</sup> поверхности отвалов шахт ФРГ берутся пробы пород с глубин 0—5 и 40—50 см. На каждый 1 га берется еще дополнительная проба с глубины 90—100 см. По результатам анализа проб делается вывод об изменении характеристики пород и принимаются решения о порядке озеленения отвалов и необходимых мерах для улучшения плодородия грунтов. Для улучшения грунтов на отвалах применяются следующие способы:

- покрытие поверхности плодородным слоем толщиной 5—10 см;
- набрызг смеси гумуса с соответствующими семенами;
- подача на поверхность пневматическим способом органического материала для предохранения от высыхания, повышения температуры и эрозии;
- добавление веществ, улучшающих грунт (например, шлама из отстойников и компоста);
- внесение минеральных удобрений.

В процессе обустройства отвалов возникает необходимость



определения последовательности мер по улучшению плодородия почвы, а также использования известковых удобрений для предотвращения окисления почв, которое зависит от содержания пирита: увеличивается под воздействием осадков и достигает максимума через 3—5 лет после сооружения отвала.

Применяется также ряд мер для улучшения гидрогеологического режима отвалов (повышение инфильтрации воды от осадков, замедление стока по поверхности, добавление плодородных почв, искусственное орошение в первые годы).

В центре Рурского бассейна отвалы в основном озеленены, на них создаются зоны отдыха. При посадках используется опыт созданных парков и культурных ландшафтов, устраиваются водоемы, обеспечивается многообразие видов флоры и фауны. Промышленные площадки закрытых шахт в этом бассейне после восстановления поверхности используют для строительства жилых поселков, а если нет желающих поселиться в этом районе, то в качестве зон отдыха. Иногда на восстановление участка уходит до 15 лет.

**Использование земельных ресурсов и рекультивация нарушенных земель.** По оценкам зарубежных экспертов, в промышленно развитых странах ежегодно нарушается 10—30 м<sup>2</sup> земель на душу населения. Площадь земель, занятых горной промышленностью США, составляет 0,25% всей территории страны, в ФРГ — 0,28%.

За рубежом считается, что современный уровень развития техники и технологии рекультивационных работ позволяет восстанавливать нарушенные земли либо в их прежнем виде, либо создавать новый заранее спланированный ландшафт. Крупные денежные штрафы за нарушение земель, которые выплачивают предприятия (в Великобритании, например, до 100 млн ф. ст. в год), вынуждают их выполнять рекультивационные работы, по возможности без отрыва от фронта добычных работ. Если это технически невыполнимо, то нарушенные земли должны восстанавливаться после окончания горных работ. За продолжительный период времени угольная промышленность в США рекультивировала 75% нарушенных земель, что считается приемлемым.

При разработке угольных месторождений открытым способом обширные территории занимают породные отвалы. Разработка угля в Рурском бассейне также связана с извлечением больших объемов пустых пород, которые представлены в основном известняками и сланцами. До 2000 г. общее количество извлеченной породы достигнет 350 млн м<sup>3</sup>, из которых только 20% предполагается использовать и 80% разместить в плоских отвалах. Предусмотрены мероприятия по стабилизации водного баланса прилегающих территорий и биологической рекультивации отвалов путем нанесения плодородного слоя толщиной 5—10 см, внесения гумуса, удобрений, органической массы и муль-

чирования поверхности. Конечная цель заключается в создании ландшафта, гармонирующего с окружающей местностью, с выращиванием на отвалах лесных массивов, а также в достижении обитаемости лесов животными.

В большинстве случаев не удается избежать устройства внешних отвалов, однако современная техника позволяет облагородить их, даже если они сложены окисленными материалами. Восстановительные работы включают планировку поверхности в ходе добычных работ, сбор атмосферных осадков, выбор и посадку наиболее подходящих для данных условий растений.

За рубежом большое внимание уделяется тщательной проектной проработке формирования техногенных ландшафтов и ликвидации последствий горных работ. В качестве гарантии выполнения рекультивационных работ после отработки объекта в некоторых зарубежных странах предприятиями создается специальный залоговый вклад, за счет которого производится финансирование этих работ. Горные предприятия располагают большим арсеналом специальной техники для рекультивационных работ, что позволяет выполнить их с меньшими затратами и на высоком качественном уровне.

На территории бывшей ГДР большое внимание уделялось вопросам планирования восстановительных работ, выбору технологии рекультивации с учетом особенностей территории на основе ее геологической экспертизы. Особое место занимали проблемы заполнения выработанного пространства после отработки разрезов, связанные со значительными затратами.

Особенно интенсивно велись работы по рекультивации земель в районах Лаузитц и Котбус. В районе г. Борна около 25% сельскохозяйственных земель и почти 80% лесных угодий расположены на рекультивированных землях. Из общей площади рекультивированных земельных площадей на буроугольных разрезах 40% предназначено для сельского хозяйства, 50% — для лесного хозяйства и 10% — для водного хозяйства и прочих нужд. Около 5—8% рекультивированной территории бывшей ГДР составляют крутые откосы и остаточные отрицательные формы рельефа, остальная часть — горизонтальные или слабонаклонные поверхности.

Сущность применяемой технологии рекультивации нарушенных земель на буроугольных разрезах бывшей ГДР заключалась в следующей: первая фаза — тщательная планировка восстанавливаемой поверхности и выполаживание откосов с созданием крупных земельных участков (не менее 60 га), отсыпка наиболее пригодных для рекультивации пород и почвенного материала, защита от эрозии, уборка крупных камней, мелиоративная обработка и глубокое рыхление (60—100 см); вторая фаза — подбор бобовых (первые 2—3 года), злаковых и других видов культур, обладающих глубокой корневой систе-

мой, и технология их возделывания для создания на рекультивируемых землях устойчивых и жизненных биоценозов. При этом мелиорация поверхностных слоев грунтов, обладающих большим содержанием серы, повышенной кислотностью, трудной смачиваемостью и малым запасом питательных веществ, осуществляется известкованием (80 т/га) и внесением минеральных удобрений (метод Бёлен), применением буроугольной золы из расчета 700 м<sup>3</sup> и более на 1 га (метод Домсдорф), использованием золы и бытовых сточных вод (метод Кёйне), внесением извести, золы и минеральных удобрений (метод Клейнлейпеш), внесением компоста из городского мусора (до 600 т/га), бентонита, аммонифицированного торфа и др.

Высокие дозы вносимого в почвогрунт мелиорирующего вещества — главное условие успешного восстановления и длительного поддержания оптимального режима кислотности в породах и повышения в них запасов питательных веществ для последующего использования нарушенных земель в сельском или лесном хозяйстве.

Для внесения почвоулучшающих средств и удобрений в рекультивируемый грунт используются специальные машины: бункер-питатели с пневматическим разбрасыванием буроугольной золы, самоходная фрезерная установка «Регис» для обработки почвы, известеразбрасыватели, метатели взрывного действия, планировщики отвалов на лебедочной тяге, позволяющие вносить бентонит, ксилит или аммонифицированный торф и другие вещества. Для рекультивации откосов отвалов и выемок применяется машина типа колесного трактора, способная передвигаться по откосам в двух направлениях без разворотов и обрабатывать их поперек склона. Высокая производительность этих машин позволила, например, на одном из разрезов в течение 5 лет рекультивировать примерно 1000 га земельных площадей.

В результате такого подхода к восстановлению нарушенных земель была достигнута значительная урожайность сельскохозяйственных культур. Так, на рекультивированных землях близ Лейпцига ежегодно получали урожай пшеницы в среднем 39—42 ц/га (до 70 ц/га). В районе г. Борна на плейстоценовых почвах — породах отвала урожай зеленой массы люцерны и донника достигал соответственно 400 и 165 ц/га, зерна кукурузы около 50 ц/га, пшеницы 28—30 ц/га.

Положительные результаты получены при лесохозяйственном освоении рекультивированных территорий. Наилучшим ростом при этом отличается сосна обыкновенная, занимающая главное место при облесении отвалов. Неплохо приживаются на склонах акация белая и облепиха, хорошо зарекомендовали себя дуб скальный, ольха красная, тополь и береза, выполняющие главным образом противозерозийные функции.

Большое внимание уделяется созданию на рекультивируе-

мых территориях озер с достаточно высокой биологической насыщенностью, используемых для водоснабжения, отдыха, рыбного хозяйства, обезвреживания и разбавления промышленных стоков. Так, близ Зенфтенберга на месте отработанного разреза создано озеро с водной поверхностью 1200 га и искусственным островом площадью 250 га. Оно оборудовано лодочными станциями, пляжами и другими сооружениями для отдыха. В окрестностях Борна и Альтенбурга создана зона отдыха, объединяющая искусственные водохранилища на месте бывших разрезов, а также лесонасаждения на площади 730 га. Озера на месте отработанных разрезов созданы близ г. Хойерсверда (400 га), Лауххаммера (100 га) и других горнопромышленных центров.

Затраты на рекультивацию земель колебались от 10 до 60 тыс. немецких марок/га в зависимости от вида освоения, технологии и места восстановительных работ.

В Рейнском буроугольном бассейне рекультивация отработанных площадей ведется в течение 70 лет. К 1989 г. было рекультивировано более 15 тыс. га. При этом на 42% площадей были произведены лесопосадки, 43% были рекультивированы для использования в сельскохозяйственных целях, а остальная территория распределена между водоемами, жилыми поселками, промышленными сооружениями и путями сообщения.

При лесотехнической рекультивации на поверхность отвалов наносят слой смеси песчано-гравийного материала с плодородным лёссом. Среди используемых пород деревьев — тополя, которые быстро растут, обеспечивают тень, способствуют образованию гумусового слоя, разрыхляют почву своими корнями и повышают устойчивость откосов. Через 8—15 лет тополя вырубают, чтобы не мешали расти деревьям других пород.

При сельскохозяйственной рекультивации сначала наносится слой чистого лёсса или лёссового суглинка. Для этого ценные грунты при вскрышных работах вынимаются и складываются отдельно. После восстановления поверхности отвалов на них абзетцером насыпается лёсс в сухом виде или наносится гидро-смесь лёсса. В течение 7 лет эти участки обрабатываются работниками специальных хозяйств, принадлежащих угольным предприятиям, а затем передаются в собственность крестьянским семьям. Промежуточная обработка земли необходима для восстановления гумусового слоя, накопления в почве питательных веществ и т. д. Во избежание излишнего обводнения и снижения плодородия почв лёсс укладывают на дренирующий слой из щебня.

При всех видах рекультивации учитываются экологические аспекты. Уже при проектировании стремятся к тому, чтобы не возникало конфликтов между использованием местности для сельскохозяйственных и лесохозяйственных целей и все возрастающими потребностями человека, связанными с проведением

свободного времени. Так, например, при сельскохозяйственной рекультивации среди полей высаживаются небольшие рощи, не мешающие хозяйственному использованию пахотных земель.

Другим примером является преодоление конфликтов между потребностями человека в отдыхе на природе и экономическими соображениями. Такие конфликты возникают часто в районе небольших водоемов. В Рейнском бассейне эта проблема решена следующим образом: вдоль основных дорог устраиваются более крупные озера для активного отдыха, а в более отдаленных районах — небольшие пруды для спортивного рыболовства или разведения рыб охраняемых видов.

При подборе растений для посадки на опушках новых лесов рекомендуется полагаться на естественный ход событий и не нарушать природного равновесия.

В Великобритании разработана достаточно четкая и эффективная технология восстановления и рекультивации земель, нарушенных открытыми горными работами. Исследование почвы проводится по поручению Исполнительного органа угольных разрезов министерством сельского хозяйства, рыболовства и продовольствия на всех перспективных площадях, пригодных для открытой разработки, с целью определения типов верхних слоев почвы, их глубины, структуры, качественных показателей и характеристик. Классификационные подробности различных типов почв идентифицируются на карте почвы перспективной площади угольного разреза, которая дополняется рекомендациями по снятию почвы и хранению на время проведения горных работ для возможного восстановления земель (особенно в тех случаях, когда верхний слой почвы должен храниться отдельно и когда речь идет о землях с различными качественными показателями, принадлежащих разным владельцам) и предложениями по смешиванию с другими типами верхнего слоя почвы для улучшения общих качественных показателей. Для потенциально плодородного слоя (подпочвы) идентифицируются тип, качественные показатели и глубина снятия.

На начальных стадиях исследований, когда земли, нарушенные разрезами, восстанавливаются для будущего сельскохозяйственного использования, происходит обсуждение с экспертами местных государственных органов, занимающихся планированием минеральных ресурсов, с министерством сельского хозяйства вопросов о рельефе поверхности и откосах наряду с вопросами дренажа поверхностных вод и окончательными предложениями по закрытому дренажу.

В тех случаях, когда разрезы засыпаются и уплотняются в соответствии с согласованной спецификацией с целью начать раннюю подготовку площади, занятой разрезом, к будущей промышленной и жилищной застройке, проводятся обсуждения с застройщиком задолго до начала открытых горных работ, после консультаций с местным государственным органом, зани-

мающимся планированием минеральных ресурсов, согласовываются нормы уплотнения и окончательная форма поверхности.

На стадии разведочных работ, когда проводятся геологические исследования площади разреза для оценки потенциальных извлекаемых запасов угля, с министерством сельского хозяйства или Комиссией по лесному хозяйству, а также с владельцами земель проводят консультации о способах снятия, хранения и восстановления почвы на тех площадях угольных разрезов, которые возвращаются их прежним владельцам.

До настоящего времени наиболее распространенной землеройно-транспортной машиной, используемой для снятия верхнего слоя почвы и подпочвы и восстановления почвенного слоя, является колесный тракторный скрепер, вместимость ковша которого колеблется от 16 до 24,5 м<sup>3</sup>. Удовлетворительной замены пока еще не найдено, так как глубина снятия верхнего слоя почвы составляет всего около 300 мм, а допустимая глубина снятия подпочвы  $\pm 600$  мм.

Почвообразующие материалы, встречающиеся в ледниковых наносах, снимаются с помощью колесных тракторных скреперов, а также пары экскаватор—самосвал и транспортируются в отвалы с раздельным хранением почвенного слоя.

Для сведения к минимуму потенциального ущерба, наносимого почвам, высота почвенных насыпей ограничивается, и они перемещаются только тогда, когда состояние грунта благоприятно как для раздельного снятия слоев почвы, так и для их восстановления. Снятие и восстановление почвы разрешаются только при сухом грунте и допустимом содержании влаги в почве. Высота насыпей верхних почвенных слоев ограничивается 5 м, а высота насыпей подпочвы и почвенных образований, иными словами материалов, извлекаемых из ледниковых наносов, — 15 м.

Наблюдения за химическими изменениями в верхних слоях почвы во время хранения и последующей рекультивации свидетельствуют о наличии уплотнений и отсутствии вентиляции с увеличением глубины в почвенных отвалах. В насыпях верхнего слоя почвы, т. е. насыпях, которые были образованы в условиях повышенной влажности, отмечен высокий уровень содержания  $\text{NH}_4\text{—N}$  и низкий уровень  $\text{NO}_3\text{—N}$ .

Перед профилированием подпочвы уложенные вскрышные породы, которые были выравнены до согласованной формы поверхностью, разрыхляются с помощью тяжелых перьевых почворыхлителей, расстояние между зафиксированными центрами которых не превышает 1,2 м. Не менее трех перьевых почворыхлителей прикрепляют к бульдозеру, управляют ими с помощью гидравлики. Цель рыхления — уменьшить степень уплотнений и обнажить камни, скальные породы и другие нежелательные материалы для последующего сбора и уборки с кровли толщиной 1,2 м восстанавливаемого грунта. Как подпочва, так и

верхние слои почвы разрыхляются для ликвидации уплотнения и обнажения камней, чтобы затем осуществить их последующую уборку.

После рыхления вскрышных пород и уборки камней и других нежелательных материалов, размеры которых превышают 250 мм, разрыхленная почва выравнивается с помощью волокуши для дробления тяжелых глинистых и сланцевых материалов. Подпочва наносится сверху разрыхленных вскрышных пород, из которых удалены камни, в два слоя, глубина каждого из которых не превышает 450 мм. После восстановления каждый слой подпочвы разрыхляется на всю глубину для дробления с помощью многоперьевого почворыхлителя любого твердого образования, которое может возникнуть на границе с подстилающим материалом. После завершения рыхления каждого слоя почвы эти слои обрабатывают тяжелыми дисками или дисковыми культиваторами. Верхние слои почвы равномерно укладывают на глубину 300 мм в окончательном профиле поверхности с помощью скреперов, делающих единственную проходку таким образом, чтобы свести к минимуму число передвижений по поверхности и объем отсыпки.

Обработка верхних слоев почвы ведется на всю глубину и на 150 мм глубже в подстилающем слое подпочвы. Удаляются все каменистые материалы крупнее 250 мм. Затем верхние слои почвы обрабатывают тяжелыми дисками для подготовки к созданию приемлемого агрокультурного семенного ложа в тех случаях, когда восстанавливаемые земли должны быть снова использованы в сельскохозяйственных целях.

В случаях нехватки в подпочве и верхних слоях почвы для их замены используют пригодные почвообразующие материалы, которые подвергаются такой же обработке, как это описано выше.

Перед началом открытых горных работ достигается соглашение в отношении откосов и окончательного профиля восстанавливаемой поверхности со всеми заинтересованными сторонами: местными государственными органами по планированию минеральных ресурсов, министерством сельского хозяйства, в случае необходимости с земледельцами и государственными водохозяйственными органами. Системы дренажа поверхностных вод проектируются с учетом количества осадков, выпадающих в данной местности. Сброс вод из этих систем производится в естественные водные потоки, при этом места сброса согласовываются с соответствующими государственными водохозяйственными органами. При изменении русла водотоков, когда это необходимо для продолжения горных работ, их вновь, если это возможно, направляют в естественные русла.

Планирование восстановления земель начинается задолго до начала работы угольных разрезов и ему уделяется такое же первоочередное внимание, как и добыче угля, и оно не должно

рассматриваться в отрыве от другой деятельности после завершения операций по выемке угля.

В ходе бурения, проводимого для оценки потенциальных извлекаемых запасов угля, устанавливается объем запасов пригодных почвообразующих материалов с целью восполнения нехватки исходных верхних слоев почвы и подпочвы.

Для сведения к минимуму предстоящего объема работ по рекультивации после завершения добычи угля большое значение имеет постепенная отсыпка выработанных площадей до окончательного восстановления почвенного слоя.

Как отмечалось выше, восстановленные вскрышные породы разрыхляют при проходке по окончательной форме поверхности трехлопастным перьевым рыхлителем, чтобы ликвидировать уплотнение и обнажить большие камни. Если разрыхленная поверхность не обработана соответствующим образом, т. е. так, чтобы создать приемлемую границу между вскрышными породами и подпочвой, то производится обработка с помощью тяжелых дисков с целью разрушения крупных конгломераций материала.

Засыпка вскрышных пород может выполняться как парой экскаватор—самосвал, так и отсыпкой верхних слоев скреперами. Подпочвенный слой распределяется с помощью скреперов от отвала с пустой породой в два отдельных слоя толщиной 450 мм, причем каждый слой подвергается отдельному рыхлению и проходке дисками для разрушения плотной глины и др. В тех случаях, когда не хватает подпочвы, но имеется достаточное количество почвообразующих материалов, их размещают на глубоко взрыхленных вскрышных породах и разравнивают бульдозерами.

Верхние слои почвы разравнивают скреперами, взрыхляют для уничтожения уплотнений и размытий на плоскости разграничения с подпочвой. Обработку дисками и боронование производят для создания необходимой для засева поверхности в тех случаях, когда рекультивируемые земли должны быть снова использованы в сельскохозяйственных целях.

В тех случаях, когда земли, нарушенные открытыми работами, восстанавливаются для создания на них лесных зон, ландшафт может отличаться более крутыми склонами. Раздельное восстановление подпочвы и верхних слоев почвы не осуществляется, если перед началом открытых горных разработок отмечалась нехватка в таких материалах. Уделяется внимание тому, чтобы верхний слой отвалов толщиной 1 м содержал пригодные почвенные материалы, способные создать среду для успешного роста деревьев.

Восстановление земель, нарушенных открытыми работами, проводится только при соответствующем состоянии почвы.

Когда в угольных разрезах встречаются токсичные отходы, оработанные и другие материалы, загрязняющие окружающую

среду, которые по самой своей природе могут затруднить рост растений и вызвать загрязнение, предпринимаются специальные меры, направленные на нейтрализацию этих материалов с помощью химикатов (например, таких как известь или ее заменитель) перед захоронением их на глубине. При наличии токсичных элементов материалы «запечатываются» в глиняную оболочку во избежание загрязнения грунтовых вод и в конечном итоге удаляются с восстановленной поверхности, когда вновь устанавливается уровень грунтовых вод после окончания разработки участка.

Горные предприятия должны действовать согласно не допускающим отклонений спецификациям, разрешающим раздельное снятие верхнего слоя почвы и подпочвы только при сухом грунте. Как отмечалось выше, ограничивается только высота насыпи почвенного слоя подпочвы во избежание нарушения структуры почвы во время хранения. Почвенные насыпи располагают в границах открытых горных разработок таким образом, чтобы свести к минимуму любой возможный ущерб в результате проведения горных работ или работы землеройно-транспортной техники.

Во время восстановления и создания подпочвы и верхнего слоя почвы в работу горного предприятия вводятся ограничения, допускающие транспортирование и распределение почв только тогда, когда почва сухая и стоит сухая погода, во избежание каких-либо нарушений структуры почвы.

Восстановление в сельскохозяйственных целях начинается после того, как горные предприятия выполняют договорные обязательства по рекультивации подпочвы и верхних слоев почвы в соответствии с нормативами и спецификациями исполнительного органа угольных разрезов и министерства сельского хозяйства, рыболовства и продовольствия. Министерство выступает в качестве административного агента исполнительного органа угольных разрезов в период восстановления земель. Восстановление земель, нарушенных открытыми горными работами, включает:

восстановление граничных и внутренних полевых ограждений, дренажных канав на поверхности, живых изгородей, насаждений деревьев, лесных и водных зон;

восстановление земель путем тщательной культивации, внесения удобрений, выращивания сельскохозяйственных культур, контроля за выпасом скота; проектирование и проведение закрытого дренажа и обеспечение водоснабжением на полях.

Во время восстановления земель основные работы направлены на воссоздание хорошей структуры почвы. Состояние почвы зависит от места проведения открытых горных работ и региона, что неизбежно влечет за собой использование гибких методов рекультивации.

Следует учитывать несколько факторов: глубину и природу

верхних слоев почвы и подпочвы, степень уплотнения почвы, местные погодные условия и вид сельскохозяйственной деятельности.

Участки открытых работ, на которых производится восстановительное облесение, засаживают следующими видами деревьев: хвойными — сосна скрученная широкохвойная, австралийская и обыкновенная, различные виды лиственницы, ель ситхинская; широколиственными — клен белый, каштан конский обыкновенный и благородный, ольха черная и серая, береза бородавчатая и пушистая, граб обыкновенный, бук лесной, ясень обыкновенный, дуб австралийский, дуб скальный, дуб черешчатый, ива серебристая и ломкая, рябина круглолистная.

Там, где участки не приводятся в пригодное для эксплуатации состояние ни в сельскохозяйственных целях, ни для развития лесного хозяйства и будущей промышленной застройки, создают зоны отдыха, например, площадки для игры в гольф, водоемы для виндсерфинга, искусственные склоны для катания на лыжах, загородные парки, включая водоемы для культурно-эстетического отдыха и распространения флоры и фауны. Водоемы создаются там, где это возможно, путем отвода естественных водных потоков в зоны аккумуляции вод.

Перечисленные выше виды рекультивации в целях создания культурно-эстетических объектов требуют значительного объема инженерно-строительных работ для того, чтобы водоемы были способны аккумулировать воду и строго отвечать нормам, исключающим возможности разрушения сооружений, которое может нанести ущерб людям и частной собственности.

Земли, восстанавливаемые для будущей жилой и промышленной застройки, уплотняются в соответствии с предписаниями, в которых устанавливаются метод и нормативы. В предписаниях детализируют максимальную глубину подлежащих уплотнению слоев, плотность в сухом состоянии, определения различных классов материалов, скальных пород, аргиллита и требования, предъявляемые к их уплотнению, обработку непригодных материалов, типы используемого оборудования, т. е. виброкатов с массой, приходящейся на 1 м ширины, более 2300 кг в зависимости от числа проходок и глубины уплотняемого слоя, трамбователь или пневмокоток.

Относительно малые площади восстановленных участков открытых горных работ используются для создания водоемов и водно-болотных угодий. Более крупные водоемы, о которых речь шла выше, сооружаются для плавания на парусных яхтах, виндсерфинга и рыбной ловли.

Небольшие водоемы и окружающие их водно-болотные угодья, создаваемые специально для сохранения флоры и фауны, планируются, когда это возможно, совместно с земледельцами.

Период восстановления земель, нарушенных открытыми гор-

ными работами, для сельскохозяйственного использования или облесения продолжается до 5 лет после завершения рекультивации.

Методы восстановления, применяемые для приводимых в годное для эксплуатации состояние участков открытых разработок в целях повторного высокопродуктивного землепользования, основываются на агротехнических приемах.

После завершения технической рекультивации предприятие, ведущее горные разработки, подготавливает верхние слои вскрыши толщиной 300 мм для укладки первого подпочвенного слоя. Эта первичная обработка ведется с использованием пары из специально сконструированных тяжелых подпочвенных рыхлителей и дисковых культиваторов. Удаляются все большие камни, размер которых превышает установленный.

Подпочвенный слой обычно укладывают в два слоя, каждый из которых взрыхляют и с помощью дисковых культиваторов обрабатывают снова с использованием специального оборудования. На этой стадии также удаляют все большие камни свыше установленного размера. Последующая укладка верхних слоев почвы заключается в распределении, подпочвенном разрыхлении и, где это требуется, измельчении камней. Окончательное подпочвенное рыхление через верхние слои почвы предназначено для устранения каких-либо конгломераций на границе плодородного слоя и подпочвы.

Последующие инспекции и принятие к эксплуатации земли министерством сельского хозяйства, рыболовства и продовольствия происходят в течение пятилетнего периода сельскохозяйственного восстановления. На протяжении этого периода особое внимание обращается на агротехнические приемы, которые могут оказать благотворное воздействие на биофизическую природу восстановленных почвенных материалов.

В Великобритании в рамках трех исследовательских проектов осуществляются эксперименты по выращиванию сельскохозяйственных культур и выпасу скота на восстановленных землях, нарушенных открытыми горными работами, результаты которых сравниваются с результатами, полученными на «контрольных» площадях близлежащих нетронутых земель.

Работы, проведенные университетами Ньюкасла и Ноттингема, показали, что выращиваемые в районах угольных месторождений типовые сельскохозяйственные культуры могут с успехом произрастать на восстановленных землях, нарушенных открытыми работами. При использовании соответствующего севооборота зерновые культуры могут произрастать в первые 5 лет восстановления. Первоначально урожайность сельскохозяйственных культур составляла порядка 90% урожайности на нетронутых землях аналогичного качества. Однако при проведении соответствующих мероприятий может быть достигнута примерно такая же урожайность.

Последние опыты показывают, что организация закрытой системы дренажа на начальных стадиях восстановления оказывает явно положительное воздействие на рост растений. Перфорированные пластиковые трубы, уложенные с учетом долговременного использования на специально выбранную подушку из крупного песка, способны выдержать нормальную усадку отвалных пород угольных разрезов.

В США в 1977 г. был принят федеральный закон о добыче полезных ископаемых открытым способом и рекультивации земель. С учетом требований этого закона штатами с развитой горнодобывающей промышленностью были разработаны свои программы восстановления нарушенных земель.

Программа по восстановлению земель, нарушенных горными работами, осуществляется совместно горнодобывающими компаниями и министерством природных ресурсов штата. Эффективное выполнение программы по рекультивации требует точного понимания экономической эффективности восстановительных работ. Это относится в равной степени и к законодателям, и к горнодобывающим компаниям.

С момента принятия Федерального закона в угольной промышленности США было восстановлено 1,5 млн га нарушенных земель.

В отношении брошенных предприятий действующий федеральный закон требует от угледобывающих компаний участия в восстановлении нарушенных этими предприятиями земель. В целях создания фонда рекультивации таких земель, называемых в США «сиротскими», угледобывающие компании облагались правительственным налогом в размере: за 1 т каменного угля, добытого открытым способом, — 39 центов; за 1 т каменного угля, добытого подземным способом, — 16 центов; за 1 т бурого угля — 11 центов. В результате к настоящему времени создан фонд, насчитывающий несколько миллиардов долларов, управление которым осуществляется как федеральным правительством, так и правительством штата.

Деятельность компаний по восстановлению земель начинается задолго до строительства угледобывающего предприятия. Для того чтобы компания получила право на разработку месторождения, необходимо несколько официальных разрешений — на уровне федерального правительства, правительства штата и местных властей. Одновременно с подачей заявки на строительство предприятия компания обязана предоставить план ведения горных и восстановительных работ, причем в случае выбора открытого способа разработки план должен предусматривать рекультивацию нарушенных земель по мере отработки отдельных участков месторождения.

В целях обеспечения охраны окружающей среды указанный план должен содержать документированную информацию гидрологов о намеченном контроле за стоком с нарушенных



участков, а также о мерах по защите остатков древней материальной культуры в случае наличия таковых в пределах территории горного отвода от воздействия подземных и поверхностных вод. Точно так же должна документироваться информация о мерах по сохранению почвенного слоя. Одним из основных требований, предъявляемых к данному плану, является сведение к минимуму вредного воздействия горных работ на фауну и флору.

После подготовки всей необходимой информации, сбор которой длится около 3 лет и более, компания подает заявку на строительство предприятия.

Федеральный закон о добыче полезных ископаемых и рекультивации земель предусматривает определенный период для публичного обсуждения каждого представленного плана ведения горных и восстановительных работ. В законе имеются положения, гарантирующие успешную рекультивацию нарушенных земель. Так, компания обязана внести залог за разрабатываемые участки в сумме до 25 тыс. долл/га. Залог подлежит возврату по мере рекультивации нарушенных участков, причем выплата за каждый восстановленный и озелененный участок производится по прошествии нескольких вегетационных периодов. Залог полностью возвращается не менее чем через 5—10 лет.

В целях стимулирования работ по рекультивации Управление по восстановлению оработанных участков поверхности на открытых горных работах при министерстве внутренних дел США ежегодно проводит конкурс среди угледобывающих компаний на лучшую практику рекультивации нарушенных земель как на разрезах, так и на шахтах с учетом всех требований по охране окружающей среды.

В процессе исследования путей повышения эффективности и экономичности открытых разработок внесены новшества в технологию ведения вскрышных и восстановительных работ на разрезах США. Одно из новшеств предполагает использование на планировке отвалов в ходе восстановительных работ небольших драглайнов, снабженных скреперными ковшами. Безопасность работ при планировке откосов отвалов с помощью драглайна требует уменьшения угла наклона его стрелы и установки его на плотных породах рабочей площадки на значительном расстоянии от верхней бровки насыпанных пород. При таком стоянии драглайна и оснащении его обычным ковшом исключается возможность выколаживания откосов большой длины.

Предложенный способ, предназначенный для планировки откосов отвалов большой длины, заключается в следующем. Драглайн небольших размеров снабжается вертикальной стойкой, устанавливаемой под головным блоком стрелы драглайна и представляющей собой, как и стрела, решетчатую конструк-

цию. В нижней части стрела драглайна и стойка соединены распорным элементом, служащим в качестве основания образующейся таким образом устойчивой треугольной фермы. Драглайн оснащается подковообразным бездонным скреперным ковшом. В качестве самоходной распорной станции для направляющего каната скреперного ковша может служить, например, бульдозер. Весь комплекс оборудования напоминает канатно-скреперную установку (рис. 30, а).

Применение такого комплекса оборудования повышает эффективность и экономичность ведения планировочных работ. Скреперный принцип транспортирования не требует приложения вертикального подъемного усилия со стороны драглайна и позволяет перемещать за цикл материал в объеме до 150% расчетной вместимости скреперного ковша. Помимо указанных преимуществ бездонная конструкция скреперного ковша обеспечивает его разгрузку при приближении к треугольной ферме драглайна.

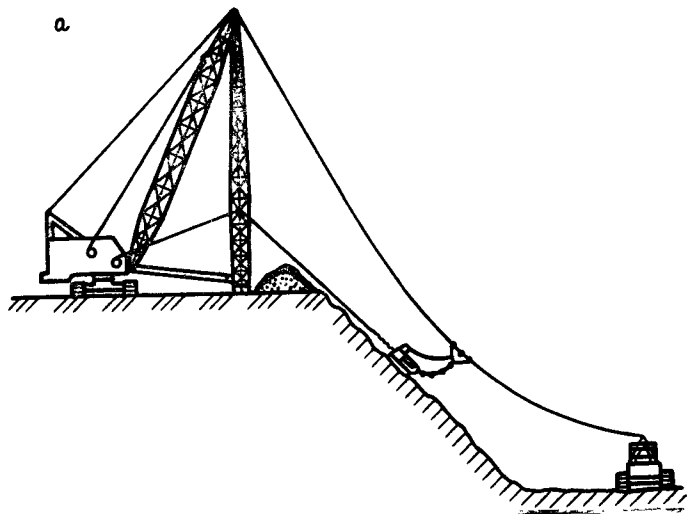
В процессе работы драглайн может свободно перемещаться вдоль рабочей площадки, поскольку при этом вся ферма поднимается с помощью стрелы драглайна и передвигается одновременно с самоходной распорной станцией, находящейся на нижней площадке отвального уступа.

В условиях вскрыши большой мощности предложена следующая технология ведения вскрышных работ. Помимо основного вскрышного оборудования, представленного экскаватором типа механической лопаты или драглайном, предусматривается использование в качестве вспомогательного оборудования установки типа башенного канатно-скреперного экскаватора (рис. 30, б). Установка включает две башни на гусеничном ходу, систему канатов и скреперный ковш. Головная (более высокая) башня размещается на отвале, а хвостовая башня — на верхней площадке вскрышного уступа.

Наиболее перспективно использование подобной установки для предварительной подготовки рабочего уступа драглайна или механической лопаты и одновременно для контроля за отсыпкой вскрышных пород. Такой контроль позволяет отсыпать перемещаемый материал в пространство между гребнями отвалов драглайна или механической лопаты и сводит к минимуму объем планировочных работ, выполняемых бульдозером. Однако наиболее важное преимущество описанной технологии ведения вскрышных работ — возможность селективной отсыпки пород, при которой слой почвы размещают в верхней части отвалов для эффективного его использования в ходе восстановления поверхности.

Параллельно в Австралии велись исследования по применению гребковых скреперных ковшей в комплексах типа канатно-скреперной установки для ведения вскрышных работ в условиях значительной глубины разработки. Комплекс предназначен





главным образом для применения в качестве основного вскрышного оборудования. Он включает в себя приводную станцию на отвальной стороне разреза, приводную станцию на верхней площадке вскрышного уступа и гребковый скреперный ковш (рис. 30, в).

Приводная станция на отвальной стороне разреза представляет собой реконструированный шагающий драглайн, оборудованный укороченной стрелой (1/3 обычной), а также контргрузом уменьшенной массы и модифицированными канатными лебедками. Приводная станция на верхней площадке вскрышного уступа представлена реконструированным экскаватором типа механической лопаты с электроприводами, ковш и А-образная ферма которого также заменены короткой стрелой.

Приводная станция на отвальной стороне соединена с гребковым скреперным ковшом несколькими тяговыми канатами, а приводная станция на верхней площадке вскрышного уступа — одиночным хвостовым канатом ввиду сравнительно небольших нагрузок на последний.

Гребковый скреперный ковш увеличенных размеров снабжен верхней плитой для удобства перемещения в загруженном состоянии и массивным лезвием, что облегчает внедрение ковша даже в условиях ненарушенных вскрышных пород. Предусмотрена возможность установки зубьев, прикрепляемых к основанию лезвия ковша.

Рабочий цикл комплекса, разработанного в Австралии, включает следующие операции: гребковый скреперный ковш открывается у подошвы вскрышного уступа и заполняется предварительно взорванной породой по мере перемещения перпендикулярно фронту работ, обеспечиваемому приводной станцией на

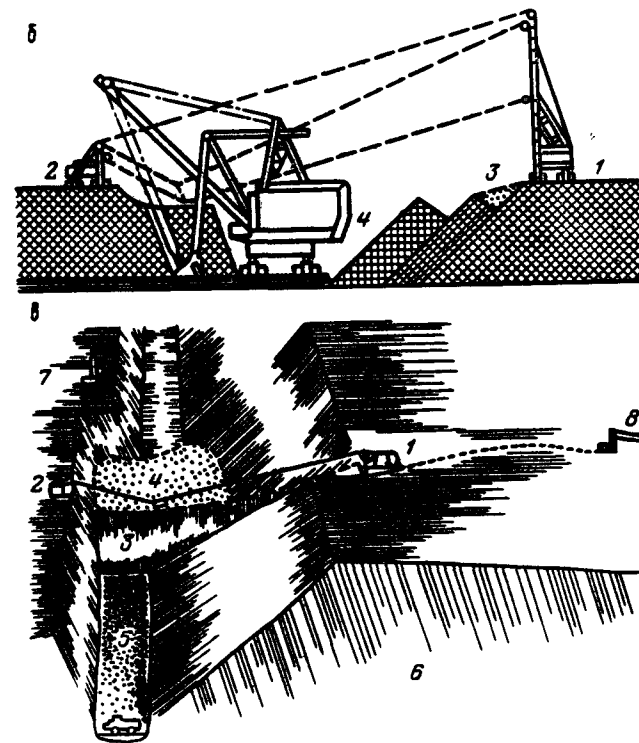


Рис. 30. Новая технология ведения вскрышных и рекультивационных работ на разрезах США:

а — комплекс оборудования типа канатно-скреперной установки, предназначенный для планировочных работ;

б — установка типа башенного канатно-скреперного экскаватора: 1 — головная башня; 2 — хвостовая башня; 3 — вскрышные породы, отсыпаемые данной установкой; 4 — отвал мехлопаты;

в — комплекс типа канатно-скреперной установки: 1 — приводная станция на отвальной стороне; 2 — приводная станция на верхней площадке вскрышного уступа; 3 — гребковый скреперный ковш; 4 — взорванные породы вскрыши; 5 — обнаженный угольный пласт; 6 — наклонный въезд на отвальной стороне; 7 — буровой станок для обуривания пород вскрыши; 8 — энергопитание

отвальной стороне разреза; гребковый скреперный ковш перемещается вверх по откосу отвала до тех пор, пока не достигнет выбранного участка отсыпки; ослабляются тяговые канаты и сообщается усилие хвостовому канату с помощью приводной станции на верхней площадке вскрышного уступа, в результате чего гребковый скреперный ковш закрывается и возвращается к подошве уступа для выполнения очередного цикла.

Для зачистки угольного пласта и окончательной планировки отвалов можно использовать бульдозеры.

Преимущества применения описанного комплекса оборудования: отпадает необходимость в предварительной нарезке рабочего уступа в условиях большой мощности вскрыши, как это имеет место при применении драглайна; практически отсутствуют проблемы, связанные с устойчивостью откосов отвалов, благодаря возможности обеспечения любого требуемого угла откоса. К числу преимуществ следует отнести также возможность использования его при разработке группы пластов для перемещения отвалов, располагающихся по откосу вскрышного уступа, отрабатываемого драглайном.

Результаты предварительного экономического анализа показали, что в условиях любой сопоставимой толщи вскрыши затраты на единицу объема перемещаемых вскрышных пород при использовании указанного комплекса оборудования будут

Таблица 47

Вредное влияние отходов добычи угля на состояние окружающей среды

Вид отходов	Характер влияния отходов на элементы биосферы		
	литосферу	гидросферу	атмосферу
Твердые (порода, пыль)	Изъятие земельных угодий под породные отвалы; нарушение территорий	Загрязнение и засоление водоемов водами, стекающими с породных отвалов	Загрязнение воздушного бассейна аэрозолями, выбрасываемыми с исходящим вентиляционным воздухом, пылью и газами — продуктами горения породных отвалов
Жидкие (шахтные воды)	Засоление и заболачивание территорий	Загрязнение и засоление водоемов шахтными сточными водами	Слабое воздействие
Газообразные (рудничные газы, газы — продукты горения породных отвалов)	Уменьшение урожайности сельскохозяйственных культур в зонах выброса газов	Слабое воздействие	Загрязнение воздушного бассейна: вредными газами горения породных отвалов ( $\text{CO}$ ; $\text{SO}_2$ ; $\text{H}_2\text{S}$ ; $\text{CO}_2$ ; $\text{NO}_x$ ); мелкодисперсной пылью и рудничными газами, выбрасываемыми в воздух вместе с исходящим вентиляционным воздухом ( $\text{CH}_4$ ; $\text{CO}_2$ )

ниже, чем при применении драглайна, характеризующегося эквивалентной установленной мощностью.

**Комплексное использование породных отходов производства.** В табл. 47 показан характер влияния отходов добычи угля на биосферу.

Самым емким в смысле воздействия на технико-экономические показатели работы шахт и окружающую природу является порода, получаемая при производстве горных работ. Этот вид отходов добычи угля носит двойственный характер: с одной стороны, он вредоносен — для размещения породы в отвалах требуются земельные участки, отвалы горят и выделяют вредные газы, засоряют земельные участки и водоемы под действием эрозии, отвалы деформируются и взрываются, они загрязняют воздушный и водный бассейны и т. д.; с другой стороны, порода, получаемая в шахте, — это сравнительно дешевый складочный материал, использование которого позволяет полнее извлекать запасы угля и охранять поверхность от подработки и разрушения, это сырье для производства различных материалов, используемых для строительных, инженерных и других целей.

Уголь — важнейший и наиболее стабильный по запасам источник сырья для производства энергии в обозримом будущем, добыча которого будет возрастать. Одновременно с этим будет увеличиваться и количество породы, получаемой в шахтах. Уже сейчас в США ежегодно выдается на поверхность шахт больше 100 млн т, в ФРГ — 60—62 млн т, в Великобритании 45—50 млн т, в Польше — 70—75 млн т.

Комплексный подход к использованию и переработке горной массы, основанный на индустриальной базе, позволяет ликвидировать отвалы на поверхности горных предприятий и осуществлять мероприятия по охране воздушного и водного бассейнов; получить высококачественный и сравнительно дешевый складочный материал для шахт; организовать производство сырья для строительной промышленности практически из бросовых отходов производства; создать замкнутый цикл утилизации ранее не использовавшихся твердых отходов угольного производства.

Использование породы в шахте. Более 90% породы складывается в отвалах на поверхности. Отрицательные моменты такой технологии, а также законодательные акты по охране окружающей среды, действующие в угледобывающих странах мира, выдвигают требование создания на шахтах рационально организованного породного хозяйства, предусматривающего сокращение выдачи породы из шахт или полное исключение этого источника вредного воздействия на работу угольных шахт.

Объем породы увеличивается с ростом добычи угля, и, следовательно, изменения в подсистеме «Породное хозяйство

шахты» ведут к количественным и качественным изменениям во всех других подсистемах шахты. Поэтому совершенствование породного хозяйства приобретает важное значение с позиций экономики и охраны среды обитания.

Технологические схемы породного хозяйства шахт могут быть реализованы путем оставления породы на месте получения при проведении подготовительных выработок; в выработанном пространстве очистных забоев; в погашенных выработках.

Оставление породы при проведении горных выработок. На угольных шахтах из общего объема породы, получаемой при производстве горных работ, в ряде случаев половина приходится на проведение горных выработок. По мере развития способов безремонтного поддержания выработок их проведение может стать основным источником получения породы в шахте.

За рубежом ведутся работы по созданию полностью механизированной технологии проведения выработок узким и широким забоем с оставлением породы на месте ее получения (табл. 48).

Таблица 48

Характеристика способов и мест оставления породы в шахте

Выработки	Способ проведения выработки	Способ и место оставления породы	Страна
Проводимые с подрывкой боковых пород	Широким забоем, спаренные выработки	Механизированный, одно- или двусторонние раскосы	Великобритания
	Узким забоем с подрывкой боковых пород	Механизированный, околострековые породные полосы на концевых участках лав	ФРГ, Великобритания
Проводимые без подрывки боковых пород	Узким забоем «в пределах пласта»	Механизированный, порода не «добывается»	США, Австрия

В зарубежной практике оставление породы при проведении подготовительных горных выработок получило распространение в Великобритании. Техника, применяемая на шахтах Великобритании для оставления породы на месте ее получения при проведении горных выработок, может быть разделена на две группы: проходческо-закладочные комплексы и проходческо-закладочные агрегаты. Наибольшее распространение получили проходческо-закладочные комплексы, включающие в себя стандартный проходческий комбайн с выдвижным поперечным скребковым или ленточным разгрузочным конвейером, работающим совместно с закладочными устройствами различного

типа. Проходческие комбайны с боковой разгрузкой породы могут быть использованы для механизированной выкладки одно- и двусторонних околострековых породных полос при проведении штреков одним забоем с лавой или с отставанием от него, а также для подачи породы в концевые части лавы.

К группе проходческо-закладочных агрегатов относятся проходческие комбайны, оснащенные пневмозакладочным устройством, смонтированным на раме комбайна.

Закладочное устройство «Кэм Пакер» может применяться при различных способах проведения штреков при условии, что будет установлено подающее устройство для перемещения материала из штрека в зону работы первого «кулака». Устройство используется для возведения породных полос как с одной, так и с обеих сторон штрека, при проведении откаточных и вентиляционных штреков комбайновым или буровзрывным способом на пластах мощностью 1,25—2,50 м. Устройство «Кэм Пакер» обеспечивает простоту возведения околострековых породных полос, снижение затрат труда, небольшое расстояние околострековой полосы от забоя лавы, незначительное пылеобразование и низкий уровень шума, возможность регулирования ширины полосы в зависимости от объема породы. При проведении штрека на шахте «Уайтвик» 70—80% породы, получившейся при подрывке кровли, размещалось в раскоску, остальная порода выдавалась из забоя штрека по ленточному конвейеру.

На шахте «Торсби» в лаве длиной 243 м, нарезанной по пласту мощностью 2 м, было организовано проведение конвейерного штрека одним забоем с лавой. Здесь работал комбайн МК-2А с режущей головкой и с боковой разгрузкой породы в сторону лавы. Порода с помощью трех устройств «Кэм Пакер» перемещали в околострековую полосу. В этих условиях среднесуточная нагрузка на лаву составляла 3000 т, скорость продвижения лавы 4,5 м/сут при трехсменном добычном режиме работы, производительность труда рабочего по лаве 65 т/чел.-смену.

Конвейерный штрек лавы на шахте «Флоренс» проводился с отставанием от нее и размещением породы в околострековую полосу устройством «Вебстер Пакер» с подвижным лемехом, предназначенным для возведения породных полос из породы от проведения откаточных и вентиляционных штреков. Околострековые породные полосы выкладывались шириной 0,6—1,5 м и высотой 0,45—2,10 м при производительности 35 м³/ч.

На шахте «Келлингсли» при проведении откаточного и вентиляционного штреков одновременно с лавой мелкокусковую породу от подрывки разгружали через щель в штрековом конвейере и с помощью пневматического устройства подавали в околострековую полосу шириной 6 м. Скорость продвижения лавы была более 5,2 м/сут, среднесуточная нагрузка превышала

3600 т, производительность труда рабочего составляла 34 т/чел-смену.

Для проведения откаточных и вентиляционных штреков фирмой «Доско» (Великобритания) были созданы проходческие комбайны:

с боковой разгрузкой породы через поперечный ленточный (ширина ленты 0,5 м, скорость движения 0—4,78 м/с, мощность привода 18,6 кВт) или скребковый конвейер (ширина 0,5 м, скорость движения цепи 0,46 м/с, мощность привода 9,4 кВт) в закладочное устройство любого типа для выкладки околострековых породных полос;

с пневмозакладочным устройством (рабочее давление 0,055 МПа), смонтированным непосредственно на комбайне.

Стандартный вариант комбайна с поперечным ленточным конвейером монтировался на гусеничной тележке проходческого комбайна МК-2А. Площадь поперечного сечения проводимых выработок 4,3×3 м; крепь — арочная, металлическая. Поперечный конвейер устанавливается как с левой, так и с правой стороны корпуса комбайна. Высота разгрузки 0,6—1,5 м. Конвейер может быть повернут слегка и в горизонтальной плоскости для обеспечения определенного угла разгрузки породы в закладочное устройство. Имеется также и модификация комбайна с пневмозакладочным устройством для выкладки одно- и двусторонних околострековых породных полос.

Опыт эксплуатации комбайнов с поперечным конвейером показал их пригодность для работы, особенно при проведении штреков одним забоем с лавой. На одной из шахт Великобритании при использовании в комплексе с проходческим комбайном закладочного устройства «Кэм Пакер» среднесуточная нагрузка на лаву составляла 3400 т при подвижке 4,5 м/сут, максимальные — соответственно 4068 т и 5,4 м.

Созданное в Великобритании проходческо-закладочное оборудование не сдерживает работу очистного забоя и не ставит его в зависимость от темпов укладки породы в выработанное пространство при проведении выработок. Это подтверждается технико-экономическими показателями работы лав, достигаемыми в отдельных случаях (среднесуточная нагрузка на лаву — до 2400—4000 т, скорость продвижения — до 3,5—5 м/сут, производительность труда рабочего по лаве — до 63—65 т/чел-смену) при оставлении породы на месте ее получения при проведении выемочных штреков, примыкающих к этим лавам.

Затраты труда на проведение штреков с оставлением породы на месте ее получения не превышают, а в ряде случаев ниже, чем при проведении штреков обычным способом. Материальные затраты при этом, как правило, меньше, чем при проведении штреков с охраной полосами из искусственных материалов, особенно с учетом затрат на выдачу полученной породы на поверхность и стоимости попутно добытого угля. Одновременно доста-

точно удовлетворительно решаются вопросы поддержания мест сопряжения штреков с лавами на их концевых участках.

В ФРГ ежегодно проводят около 400 км (40% комбайнами) пластовых и примерно 100 км (до 20% комбайнами) полевых выработок. Выход породы в основном зависит от площади поперечного сечения выработки в проходке, поэтому и стремятся к его уменьшению до минимума, обусловленного факторами, связанными с креплением и проветриванием. По расчетам на моделях, годовой объем перебора по породе составляет примерно 2,6 млн т.

Разрезные печи целесообразно проходить по возможности без присечки вмещающих пород. Для механизации их проведения (все большее число печей проходится комбайнами) выпускается ряд машин, например, Е5А фирмы «Эйкгофф», «Инсим-майнер» фирмы «Доско», VS3 фирмы «Вестфалия Люнен», а также нарезной комбайн «Хелико» фирмы «Паурат». Только на пластах мощностью менее 1 м для обеспечения необходимого пространства неизбежна планомерная присечка боковых пород.

На мощных пластах целесообразно оконтуривание выемочного столба комбайном, а на тонких пластах необходимо учитывать возможность предотвращения дополнительного излишнего выхода породы в печях.

На шахтах с разветвленной системой конвейерного транспорта в уголь добавляется большое количество породы от проведения полевых выработок, что ухудшает качество угля и, кроме того, затрудняет процесс обогащения. Поэтому предпочтение отдается разделному транспортированию угля и породы от проведения полевых выработок. Имеются шахты, где породу от проведения пластовых выработок выдают отдельно от угля. В условиях небольшой прочности добываемого угля его удается обогащать исключительно путем простого грохочения. В этих случаях специальные «породные транспортные сосуды» выдают породу от проведения капитальных выработок.

Применение анкерной крепи — еще один способ снижения выхода породы при проведении горных выработок: в штреках с такой крепью площадь поперечного сечения в свету совпадает с соответствующим показателем в проходке. При одинаковой площади поперечного сечения в свету, равной, например, 17 м<sup>2</sup>, и использовании податливой арочной крепи необходимо на 1 м штрека вынимать дополнительно 3,1 м<sup>3</sup> горного массива. Если при этом мощность пласта составляет 1,25 м, то из указанной величины около 2,5 м<sup>3</sup> приходится на породу.

Особым случаем является применение анкерной крепи на опасных участках сопряжения лав со штреками. Так называемая «подхватная анкерная крепь» в сочетании с гидравлическими вяжущими материалами значительно улучшает положение на сопряжениях без применения прогонов. Этот метод позво-

ляет значительно сократить частоту вывалов и соответствующий выход породы. При площади поперечного сечения 17—20 м<sup>2</sup> на 1 м выработки обрушается 2,5 м<sup>3</sup> породы из боков и кровли, забученной породы и отслоившихся породных кусков. В ФРГ около 45% всех сопряжений лав со штреками крепится «подхватными анкерами».

На отдельных шахтах ФРГ на породу от поддержания горных выработок приходится 2—32% общего выхода породы. Некоторую роль при этом играют характеристика вынимаемых пород, глубина разработки и, кроме того, схема проведения выемочных штреков. Штреки, проводимые общим забоем с лавой, менее склонны к конвергенции или вспучиванию почвы, т. е. более устойчивы, чем штреки, проводимые с опережением или заранее пройденные на всю длину выемочного столба. Это означает снижение выхода породы от поддирки почвы и подрывки кровли и увеличение возможности несколько раз использовать штреки, проводимые общим забоем с лавой, либо возможность проведения таких штреков с меньшей площадью поперечного сечения.

Проведение выемочных штреков одним забоем с лавой требует предварительной разведки пласта в выемочном столбе, чтобы выявить более крупные геологические нарушения. Кроме того, при этом требуется применение высокопроизводительных машин для отбойки породы и погрузки горной массы. Необходимая по экономическим причинам высокая скорость продвижения забоя лавы сужает область применения рассматриваемого метода — он рационален на пластах мощностью более 1,5 м и при вмещающих породах, которые легко разрушать специальной машиной для подрывки породного забоя (машины фирм «Хаусхерр» и «Клэкнер Бекорит»). На тонких пластах и при прочных вмещающих породах подрывка кровли может вестись режущей коронкой комбайна со стреловидным исполнительным органом — подобные исследования ведутся на шахтах «Фридрих Генрих» и «Проспер Ханиэль» (ФРГ).

Работы по поддирке почвы могут быть связаны со значительным выходом породы. Порода, полученная при работе почвоподдирочной машины «Хеликс», измельчается ею до крупности, пригодной для использования при пневматической закладке, что, естественно, не требует дополнительной обработки перед подачей в пневмозакладочную машину или в ранее применявшиеся метательные закладочные машины.

Оставление породы в выработанном пространстве очистных забоев. Технологические схемы породного хозяйства угольных шахт определяются направлением движения основных потоков породы от мест ее получения до мест размещения. С учетом этого основного положения технологические схемы могут быть разделены на три группы:

шахта—поверхность—вся порода или часть ее, содержащая-

ся в рядовом угле, выдается на поверхность и складывается в отвалах;

шахта—поверхность—шахта—вся порода или часть ее в смеси с углем выдается на поверхность; после обогащения рядового угля полученные отходы в необходимом объеме спускаются в шахту и размещаются в выработанном пространстве в виде закладочного материала;

шахта—шахта—вся порода остается в подземных выработках.

Первые две схемы — единственные применяемые в мировой практике в настоящее время. Третья схема в опытном порядке испытывалась в ФРГ, но из-за сложности и высокой стоимости работ себя не оправдала. Однако в последнее время вновь высказывается мысль: обеспечить непосредственно под землей отделение породы от рядового угля, 70% которого поступает из очистных забоев, и использовать ее в качестве закладочного материала для сооружения околострековых полос, разработав для этого соответствующее оборудование.

Технологическая схема шахта—поверхность преобладает в угольной промышленности. Однако в отличие от прежних вариантов, в ряде случаев реализуются попытки оставлять породу от проведения выемочных штреков в шахте на месте ее получения и выдавать на поверхность только породу, содержащуюся в рядовом угле (и породу от проведения выработок по породе, количество которой в общем балансе шахт невелико).

Все большее распространение получает схема шахта—поверхность—шахта, когда породу от проведения горных выработок оставляют на месте ее получения, а породу, выделенную из рядового угля после его обогащения на поверхности, возвращают в выработанное пространство очистных забоев в виде закладочного материала.

Для закладки выработанного пространства в последнее время в основном используют отходы обогащения. Обычно они не подвергаются специальной подготовке, которая, если необходимо, сводится к классификации отходов по крупности и их обволакиванию. Эта работа выполняется на поверхности шахт.

В общем случае породный комплекс шахт включает в себя: дробильно-сортировочные и (или) смесительные установки; общешахтные и участковые коммуникации для доставки готового закладочного материала в шахту или передачи его с горизонта на горизонт;

бункера для хранения закладочного материала; специальные или общешахтные транспортные средства для перевозки закладочного материала по выработкам.

Под инфраструктурой закладочных работ за рубежом понимают системы обеспечения шахт и участков закладочным материалом и сжатым воздухом. Практически на всех шахтах, на которых хотят вновь перейти на работу с пневмозакладкой,

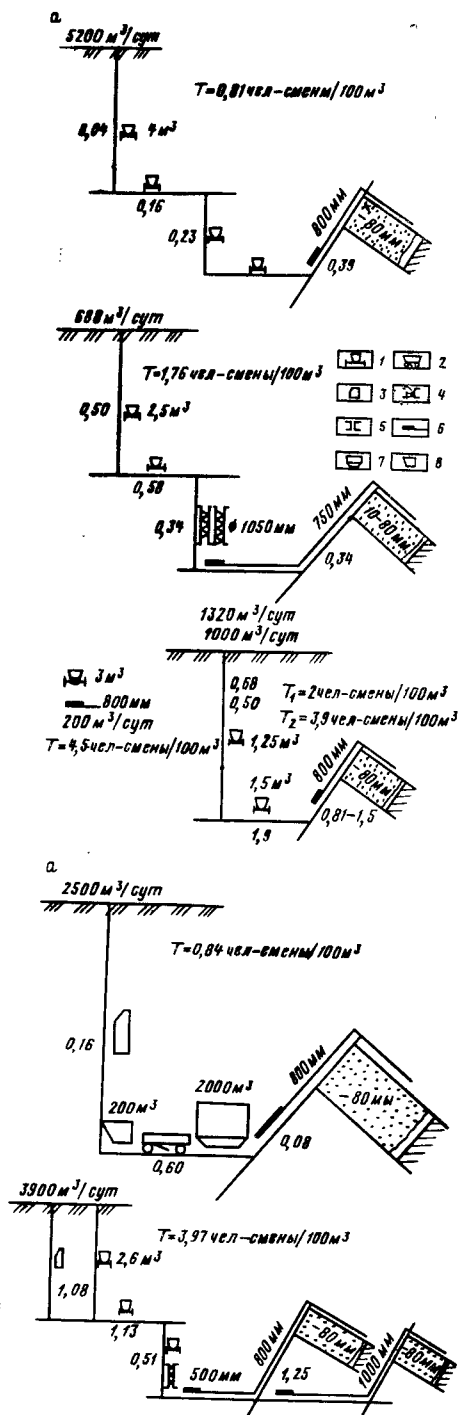
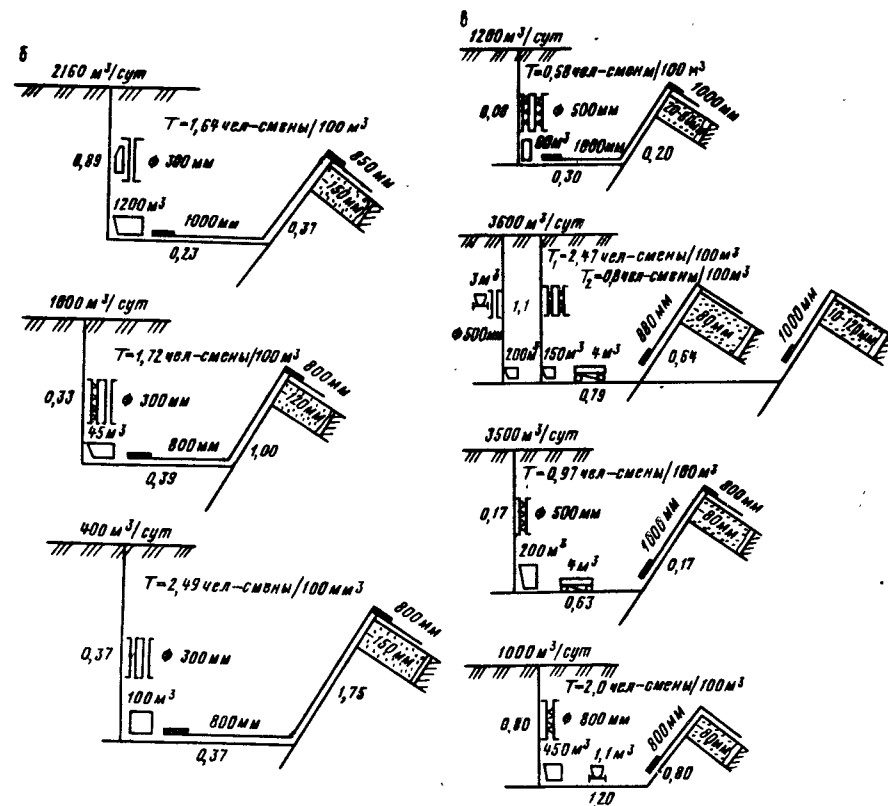


Рис. 31. Технология и трудозатраты при различных схемах доставки породы с поверхности шахт к закладочным машинам:

а — схемы доставки породы в вагонетках и скипах;  
 б — схемы доставки породы по трубопроводам со свободным падением породы;  
 в — схемы доставки породы по трубопроводам с внутренней направляющей спиралью; 1 — вагонетка с глухим кузовом; 2 — вагонетка с откидным днищем; 3 — скип; 4 — трубопровод с внутренней направляющей спиралью; 5 — трубопровод со свободным падением породы; 6 — ленточный конвейер; 7 — породный бункер; 8 — пристольный породный бункер



приходится создавать необходимую для этого новую инфраструктуру, что требует весьма значительных затрат.

Система транспортирования закладочного материала с поверхности к пневмозакладочным машинам должна обеспечивать такую производительность и гибкость, чтобы в течение того времени, которое отводится на закладочные работы в лаве, обеспечивалась максимальная подача материала, т. е. чтобы полностью исключались простои из-за недостатка закладочного материала. Кроме того, инфраструктура должна обеспечивать сохранение заданного механического состава закладочной смеси. Измельчение материала, происходящее в ходе транспортирования, не должно влиять на производительность пневмозакладочных машин и пригодность материала для укладки. Затраты труда на доставку закладочного материала должны быть минимальны. При оптимальной инфраструктуре соответствующая трудоемкость может быть значительно меньше 1 чел.-смены на 100 м<sup>3</sup> закладочного материала.

Закладочный материал доставляется с поверхности к опрокидывателям на участках вагонетками с глухим кузовом вместимостью соответственно 2,6 и 4 м<sup>3</sup> (рис. 31).

Участковые опрокидыватели оснащаются бункерами или буферными емкостями вместимостью в несколько кубометров.

На шахтах с локомотивной доставкой закладочного материала по горизонтальным выработкам применяются лобовые или круговые опрокидыватели.

К недостаткам доставки закладочного материала в вагонетках относятся: высокие затраты труда на транспортирование породы по выработкам обособленного порододоставочного горизонта; необходимость устройства специальной установки для очистки вагонеток; значительные капитальные затраты на подъемную установку для спуска закладочного материала по стволу, локомотивный и вагонеточный парк порододоставочного горизонта, что особенно проявляется при большой протяженности шахтного поля.

Преимущества локомотивной доставки закладочного материала:

- возможность рекуперации энергии на подъемной установке при спуске в шахту вагонеток с породой;

- работа при уменьшенной вместимости бункеров или вообще без них, так как вагонетки, по сути дела, представляют собой подвижные бункерные емкости;

- сохранение первоначального механического состава материала;

- максимальная возможность добавки мелкозернистых отходов;

- дополнительное охлаждение воздуха в лаве, так как нагрев закладочного материала воздушной струей, как это происходит при конвейерной доставке по вентиляционным выработкам, практически отсутствует.

Транспортирование закладочного материала по выемочным штрекам повсеместно осуществляется ленточными конвейерами (ширина ленты 1000 мм). На шахте «Нордштен-Цольферайн» применяется доставка закладочного материала скипами и вагонетками с откидной боковой стенкой. Хвосты мокрого обогащения доставляются от ОФ железнодорожными вагонами и перегружаются ленточными конвейерами в бункер вместимостью 65 м<sup>3</sup>. Из него порода загружается в скипы вместимостью по 5,7 м<sup>3</sup>, спускается в шахту и аккумулируется в околоствольном бункере вместимостью 400 м<sup>3</sup>. Далее закладочный материал транспортируется в вагонетках на расстояние 4 км и подается в центральный бункер разрабатываемого пласта, из которого доставляется конвейерами на участки.

К недостаткам спуска материала в скипах можно отнести высокую стоимость оборудования, если для этого требуется новая подъемная машина, а при работе на больших глубинах —

относительно малая производительность по сравнению с породоспускными трубопроводами. Преимущества этого метода — доставка материала с сохранением первоначальной крупности, надежность работы и малый объем технического обслуживания; небольшое нагревание и высыхание материала по сравнению с вертикальными трубопроводами; минимальные затраты энергии, так как подъемная установка работает в основном в генераторном режиме.

На шахтах «Гёттельборн», «Луизенталь» и «Реден» применяется спуск закладочного материала по вертикальным трубопроводам с последующей доставкой ленточными конвейерами. Закладочный материал подается от ОФ к породоспускному трубопроводу диаметром 500 мм ленточным конвейером. На шахте «Луизенталь» породоспускной трубопровод дополняется вагонетками с откидной боковой стенкой, вагонетками с глухим кузовом и ленточными конвейерами в сочетании с перегрузочными бункерами, работающими на разных горизонтах.

Использовавшиеся в спиральных спусках двухслойные спирали с основным слоем и снашиваемым покрытием заменены однослойными из вязкого чугуна. Ранее за период между сменами изнашиваемой футеровки пропускная способность спусков колебалась от 800 до 1200 тыс. м<sup>3</sup>, а новая конструкция позволяет увеличить ее до 2 млн м<sup>3</sup>.

Преимущества подачи закладочного материала по спиральным породоспускам:

- высокая производительность (до 250 м<sup>3</sup>/ч);

- малая площадь, занимаемая ими в стволе;

- удобство ремонта;

- малые сроки монтажа в действующих стволах;

- малые затраты времени на устранение пробок благодаря наличию специальных люков в каждом втором звене трубопровода.

К недостаткам следует отнести измельчение материала, быстрый износ всех элементов спирали, опасность образования пробок в местах повышенного износа направляющей спирали, необходимость в резервном породоспускном трубопроводе при длительных ремонтах основного трубопровода.

Спуск материала по трубопроводам без спиральных направляющих с последующей доставкой конвейерами или вагонетками применен на шахтах «Мариенау» и «Рюмо» (Франция). Закладочный материал спускают по стволным трубопроводам диаметром 300 мм с последующей конвейерной доставкой по главным выработкам. Материал подвозят к стволам железнодорожными вагонами вместимостью 40 м<sup>3</sup>, при этом на шахте «Рюмо» перед подачей материала в породоспуск его пропускают через дробилку.

Породоспуски шахт «Мариенау» и «Рюмо» в стволах глубиной 500—600 м имеют пропускную способность 500 м<sup>3</sup>/ч. Срок



службы труб центробежного литья из кремниево-марганцевой стали с толщиной стенок 20 мм рассчитан на пропуск 500—800 тыс. м<sup>3</sup> закладочного материала.

К преимуществам породоспускных трубопроводов со свободным падением материала относятся: высокая производительность, значительно превосходящая пропускная способность трубопроводов со спиральными направляющими; небольшая площадь, занимаемая ими в стволе; малая стоимость; быстрота установки в стволе. В качестве недостатков можно назвать: измельчение материала, износ стенок труб от трения и ударов падающих с большой скоростью кусков породы; обязательность строгой вертикальности става труб, позволяющей избежать повышенного износа; необходимость полной замены всего става труб при значительном износе; наличие резервного трубопровода на случай ремонта или нарушения работы основного породоспуска.

На шахтах с пневмозакладкой для аккумуляирования породы сооружаются или проектируются исключительно бункера со свободным падением материала, закрепляемые металлической, бетонной или железобетонной крепью. Применяются также наклонные бункера. Породные бункера вместимостью до 2000 м<sup>3</sup> предусматриваются на нижнем горизонте шахтных стволов или в центре отработки выемочных участков.

Примером рационального по размерам небольшого бункера, смонтированного под пунктом опрокидывания вагонеток, может служить бункер на шахте «Хуго» диаметром 3,5 м, закрепленный металлическими кольцами и металлической затяжкой. Скосы над разгрузочными отверстиями футерованы рельсами и имеют угол наклона 60°. Размер разгрузочных отверстий 100×2300 мм, что исключает их забивание породой.

Обогатительная фабрика шахты «Хаус Аден» (ФРГ) выдает более 12 500 т/сут отходов мокрого обогащения и почти 120 т отходов флотации, которые размещают в отвалах или осаждают во флотационных резервуарах. Примерно 80% хвостов мокрого обогащения после выделения фракции 0—80 мм можно использовать в качестве закладочного материала (рис. 32, а, б, в). Подготовленный закладочный материал через бункер (400 т) и конвейер подают к стволу и спускают в скипах грузоподъемностью 27 т на горизонт 680 м. Пропускная способность одноконцевой скиповой установки составляет 500 т/ч. Запроектированная суточная потребность в закладочном материале (10 тыс. т) удовлетворяется за 20 ч работы подъемной установки.

От бункера разгрузочной площадки ствола закладочный материал подается по конвейеру длиной 70 м с лентой шириной 1000 мм к наклонному бункеру вместимостью 1000 т. Бункер оснащен радионизотопной системой контроля за уровнем заполнения и устройством выпуска материала с наклонными круг-

лыми желобами. Под выпускным устройством бункера установлен вибростол, который позволяет загружать на конвейер горизонта 680 м точно заданное количество закладочного материала.

Из бункера закладочный материал поступает на конвейерную линию из трех конвейеров общей длиной 4,2 км (ширина ленты 1000 мм, скорость движения 2,44 м/с, пропускная способность 1000 т/ч). Конвейерная система оканчивается у слепого ствола со спиральным спуском (800 т/ч) диаметром 850 мм, по которому закладочный материал поступает на ленточный конвейер шириной 1000 мм на подгоризонте.

Конвейер поставляет закладочный материал к бункеру вместимостью 500 т, из которого он попадает на два конвейера, обеспечивающих подачу к закладочной машине заданного количества материала.

На шахте «Луизенталь» (ФРГ) применяется механизированная закладка выработанного пространства при отработке лав, оборудованных щитовой крепью. При этом достигались производительность труда рабочих по лаве около 27,9 т/чел.-смену и суточная нагрузка на очистной забой 1420 т.

К породоспускному трубопроводу, оборудованному направляющей спиралью диаметром 500 мм (его максимальная пропускная способность 350 м<sup>3</sup>/ч), примыкает на уровне VII горизонта породный бункер вместимостью 800 м<sup>3</sup>. Для распределения потока породы по участковым квершлагам предусмотрен расположенный выше отметки горизонта специальный породный штрек площадью поперечного сечения 11 м<sup>2</sup>, который проходит над полевым штреком и связан скважинами с отдельными участковыми квершлагами. Скважины диаметром в свету 2,4 м и вместимостью 100 м<sup>3</sup> каждая служат для накопления закладочного материала, поступающего в квершлаг, обеспечивая независимость снабжения породой каждого участка.

В штреке для закладочного материала последний подается конвейером с лентой шириной 1000 мм к пневмозакладочной машине KZS-250.

На подаче закладочного материала с поверхности в шахту при использовании наряду с ленточными конвейерами челноковых средств транспорта требуется 0,8—1,0 чел.-смену/100 м<sup>3</sup> породы. Переход на использование только ленточных конвейеров будет способствовать снижению трудоемкости работ.

На шахте «Хуго» (ФРГ) со среднесуточной добычей более 14 тыс. т товарного угля около 8 тыс. т добывается с пневматической закладкой выработанного пространства. Закладочный материал состоит на 60% из крупной фракции (10—100 мм) и на 40% из мелкого тонкого материала, в том числе флотационного шлама крупностью менее 10 мм. Содержание влаги в закладочном материале 10—12%. Подача в шахту 12 тыс. т закладочного материала в сутки производится по клетевому

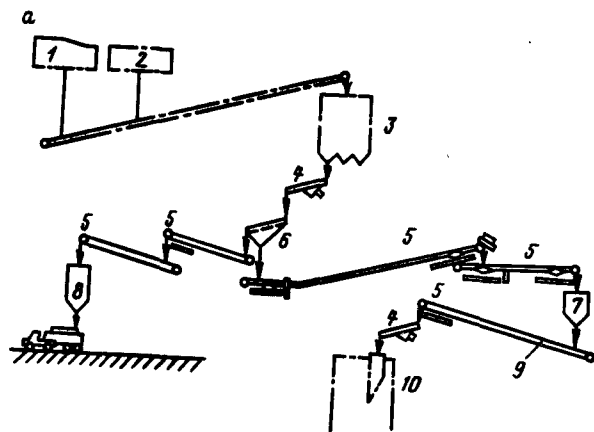
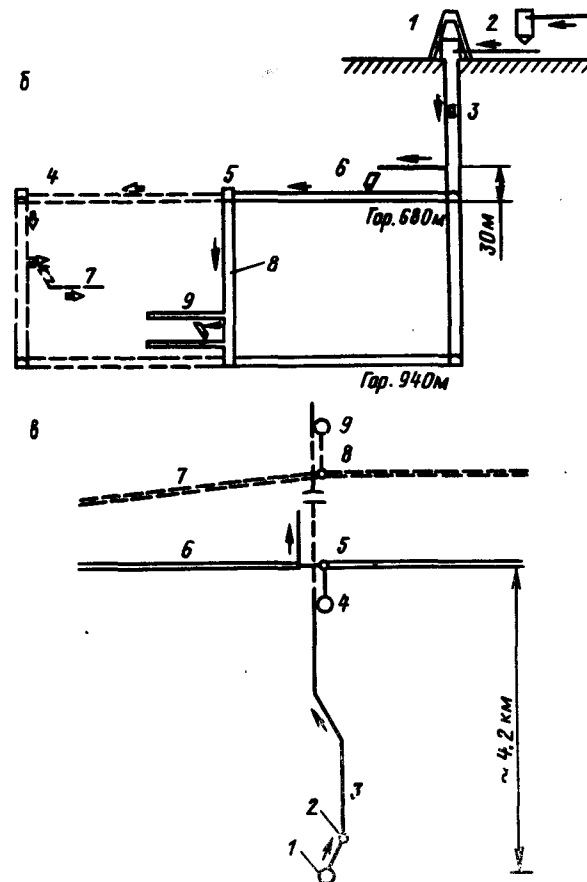


Рис. 32. Схема породного комплекса на шахте «Хаус Аден»:  
 а — схема транспортирования закладочного материала на поверхности: 1 и 2 — бункера для мелких и крупных отходов обогащения; 3 — вертикальный бункер для закладочного материала (4000 т); 4 — виброжелоб; 5 — ленточные конвейеры; 6 — грохот; 7 — промежуточный бункер (<80 мм; 110 т); 8 — бункер крупного закладочного материала (>80 мм; 220 т); 9 — конвейерные весы; 10 — установка для загрузки закладочного материала в скипы ствола «Хаус Аден 2»;

б — схема вертикального транспорта закладочного материала: 1 — ствол «Хаус Аден 2»; 2 — вертикальный бункер (4000 т); 3 — породный скип (27 т); 4 — запроектированный слепой ствол Н202; 5 — действующий слепой ствол Н200; 6 — наклонный бункер (1000 т); 7 — закладочный бункер (1000 т); 8 — спиральный спуск (диаметр 800 мм); 9 — бункер (500 т);  
 в — схема транспортирования закладочного материала на горизонте 680 м: 1 — ствол «Хаус Аден 2»; 2 — наклонный бункер (1000 т); 3 — горизонт 680 м; 4 — слепой ствол Н200; 5 — бункер (500 т); 6 и 7 — южная и северная базисные выработки; 8 — закладочный бункер (1000 т); 9 — запроектированный слепой ствол Н202

стволу на горизонты 700 и 940 м и по выработкам этих горизонтов — в вагонетках вместимостью 4 м<sup>3</sup>. Нижний горизонт (1180 м) оборудован конвейерной установкой. По наклонным выработкам и выработкам горизонта разработки пласта закладочный материал доставляют ленточными конвейерами с лентами шириной 800 мм к пневмозакладочным машинам KZS-250.

Оптимальная общая трудоемкость доставки с поверхности до закладочной машины (0,58 чел.-смену/100 м<sup>3</sup> породы) достигнута на шахте, где закладочный материал спускался по трубопроводу с направляющей спиралью, а на горизонте по выемочным выработкам транспортировался ленточным конвейером (рис. 33). На поверхности шахты закладочный материал из бункера ОФ доставлялся к стволу двумя ленточными конвейерами шириной 800 мм (скорость движения ленты 2 м/с). В стволе смонтированы два трубопровода с направляющей спиралью диаметром 500 мм и длиной 360 м. На приемном гори-



зонте в шахте имеется бункер вместимостью 60 м<sup>3</sup>. Для загрузки бункера используется конвейер длиной 30 м с лентой шириной 1000 мм, расположенный между трубопроводом и бункером. Последний оснащен двумя независимыми системами индикации степени заполнения. Из-под разгрузочного отверстия бункера закладочный материал транспортируется ленточно-скребковым конвейером длиной около 20 м до породоспускной скважины диаметром 800 мм и глубиной 23 м. От скважины порода доставляется к буферному бункеру на добычном участке. Общая длина пути доставки — около 1300 м. Между буферным бункером и закладочной машиной находится ленточный конвейер с лентой шириной 1000 мм. Закладочный материал — просеянные отходы обогащения крупностью 20—80 мм.

Для эксплуатации и технического ухода за оборудованием,

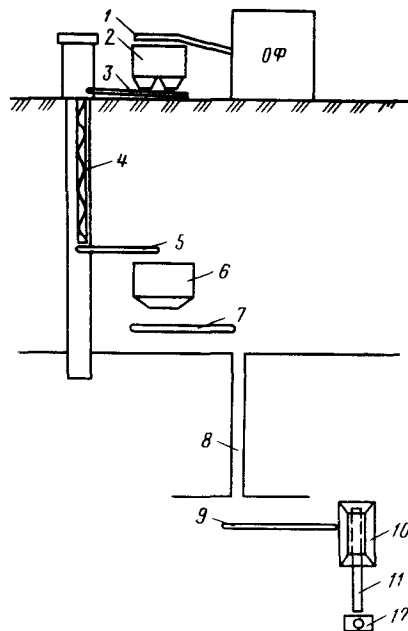


Рис. 33. Схема доставки закладочного материала с поверхности в лаву при пневматической закладке выработанного пространства: 1 — конвейер; 2 — бункер; 3 — загрузочный конвейер; 4 — спиральный спуск; 5, 7 — ленточные конвейеры; 6 — подземный бункер; 8 — породопускная скважина; 9 — короткие ленточные конвейеры; 10 — приемный бункер закладочной машины; 11 — конвейер для подачи породы к закладочной машине; 12 — пневмозакладочная машина

используемым для доставки закладочного материала при суточном расходе его 1200 м<sup>3</sup>, требуется 7 чел.-смен/сут.

На шахте «Манифест Липцовы» (Польша) эксплуатируется дробильно-сортировочный комплекс для переработки шахтной породы. Выдаваемая из шахты порода выгружается из скипа на питатель и направляется на вибрационный грохот. Здесь порода разделяется на два класса по крупности: до 200 мм и более 200 мм. Порода крупнее 200 мм поступает на короткий ленточный конвейер, где удаляются посторонние предметы, и направляется в щековую дробилку с выходным отверстием 200 мм. Вся порода, измельченная до крупности 200 мм, конвейером подается на ОФ. Пройдя обогащение и дробление, порода, измельченная до крупности 5—40 мм, конвейером подается в систему бункеров (по 80 м<sup>3</sup>) с барабанными дозаторами, расположенными над рельсовыми путями в здании клетового ствола. Порода из бункеров загружается в вагонетки грузоподъемностью 2,5 т (одновременно могут загружаться 8 ваго-

неток). Спуск вагонеток с породой в шахту производится в четырехэтажных клетях.

На шахте «Рыдултовы» (Польша) породное хозяйство организовано на базе двух независимых технологических систем: на поверхности — для подготовки отходов обогащения (рис. 34, а) и в шахте — для переработки породы, получаемой при производстве горных работ в шахте (рис. 34, б).

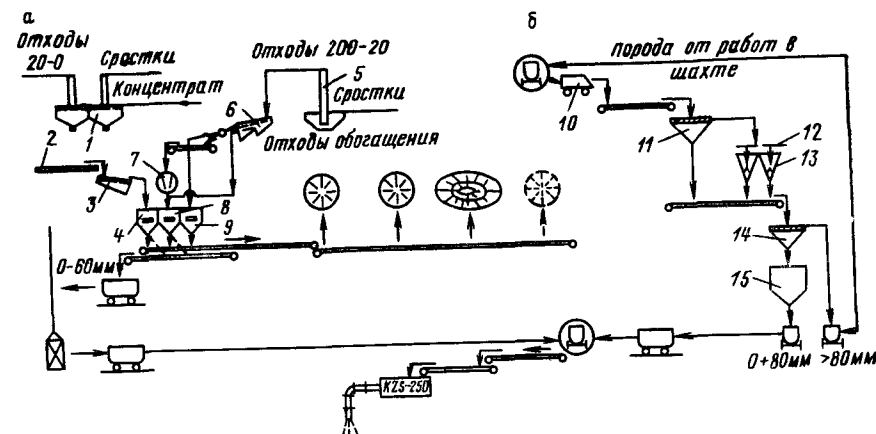


Рис. 34. Породное хозяйство шахты «Рыдултовы» (Польша): а — комплекс на поверхности;

б — комплекс в шахте; 1 — отсадочная машина; 2 — скребковый конвейер; 3 — обезвоживающий вибратор; 4 — бункер вместимостью 60 м<sup>3</sup> для породы крупностью 0—20 мм; 5 — сепаратор «Диса» IS-2000; 6 — грохот WP-2 для обезвоживания породы; 7 — щековая дробилка 4015; 8, 9 — бункера для породы крупностью 0—60 мм (60 м<sup>3</sup>); 10 — питатель; 11, 14 — грохоты; 12 — контрольная решетка; 13 — конусная дробилка 4091; 15 — бункер вместимостью 20 м<sup>3</sup>

Получаемая в шахте рядовая порода в вагонетках поступает к опрокидывателю и разгружается в бункер вместимостью 60 м<sup>3</sup>, а из него — на конвейер с лентой шириной 1000 мм, оснащенный улавливателем металлических предметов. С конвейера порода разгружается на колосниковый грохот и по разгрузочным устройствам направляется в две конусные дробилки производительностью 20—80 м<sup>3</sup>/ч, выходное отверстие которых регулируется в пределах 30—80 мм, а размер загружаемого материала 400—550 мм. Измельченная в дробилках порода поступает на конвейер шириной 800 мм и транспортируется к колосниковому грохоту. Пройдя классификацию, порода разделяется на два потока: подрешетный продукт аккумулируется в породном бункере вместимостью 20 м<sup>3</sup>, а надрешетный по желобу спускается на откаточный горизонт, загружается в вагонетки и направляется на повторное дробление. Пригодная для

пневматической закладки порода крупностью до 80 мм из бункера загружается в вагонетки и развозится по участкам.

Отходы обогащения угля составляют около 80% всей породы, получаемой в шахте. Часть их предназначена для добавления к закладочному материалу. На поверхности отходы обогащения крупностью 0—20 мм поступают в отсадочные машины, от которых скребковым конвейером подаются на обезвоживающий грохот и, пройдя грохот, собираются в бункер вместимостью 60 м<sup>3</sup>. Отходы крупностью 20—200 мм поступают на грохот для обезвоживания, а затем ленточным конвейером шириной 800 мм подаются в щековую дробилку 4015. Порода крупностью 0—60 мм собирается в бункера вместимостью 60 м<sup>3</sup>. Отходы обогащения крупностью 0—20 и 0—6 мм ленточным конвейером подаются для загрузки в вагонетки и спуска в шахту. Более крупные отходы направляются в отвалы на поверхности. Отходы обогащения, подготовленные на поверхности, и порода, подготовленная в шахте, ленточными конвейерами направляются на участки к пневмозакладочным машинам KZS-250.

Технологические системы приготовления закладочного материала в шахте отличаются надежностью и производительностью, обеспечивающими интенсификацию закладки выработанного пространства.

Наряду с пневматической на шахтах зарубежных стран находит применение гидравлическая закладка выработанного пространства.

Во Франции с помощью гидравлического транспорта ежегодно доставлялось в шахты примерно 5—6 млн м<sup>3</sup> породы (81% общего количества). На шахтах Польши с гидрозакладкой добывалось до 20% угля; закладочный материал (песок, порода в смеси с песком) доставляется в выработанное пространство гидравлическим способом. В Саарском бассейне (ФРГ) на ряде шахт, где применяется гидравлическая закладка, транспортирование породы с поверхности также гидромеханизировано.

**Использование породы и отходов углеобогащения в промышленности, строительстве и сельском хозяйстве.** Состав, химические и технологические свойства большинства твердых отходов угольного производства позволяют использовать их:

при производстве строительных материалов в качестве основного сырья или добавок к нему;

при строительстве различных земляных сооружений и автодорог, при планировке поверхности;

как энергетическое топливо с предварительным обогащением или без него;

в качестве удобрений в сельском хозяйстве.

Во Франции производство кирпичей и строительных блоков осуществляется на заводе «Сюршист» су-

точной мощностью 350 т кирпича из каменноугольных сланцев. Сжигание угля, находящегося в сланцах, позволяет сократить на 50% потребление энергии в тоннельных печах, топящихся коксовальным газом. Легкие заполнители производятся из вспученных сланцев. Каменноугольные сланцы после соответствующей термической обработки вспучиваются и образуют заполнители с крупностью зерен 5—25 мм, плотностью насыпки навалом 350—850 кг/м<sup>3</sup>. На заводе «Сурекс», производящем 1000 м<sup>3</sup> заполнителя в сутки, теплота, потребляемая вращающимися печами, обогреваемыми природным газом, снижена за счет дополнительного тепла, выделяемого при сгорании углерода используемых сланцев. В зависимости от плотности используемого заполнителя, содержания в нем песка и цемента получают легкие бетоны (800—1800 кг/м<sup>3</sup>), прочность которых на сжатие в течение 28 суток изменяется от 30 до 400 бар.

Производство пористых заполнителей бетона — аглопоритового щебня и песка из отходов углеобогащения — получило развитие в Польше, Венгрии, Бельгии, Франции, ФРГ и других странах. Принципиальная технологическая схема получения аглопорита, внедренная на заводах стройматериалов, сводится к спеканию размолотых и гранулированных отходов на агломерационной ленте. Производство аглопорита из отходов углеобогащения на предприятиях Франции и Бельгии осуществляется на основе обжига дробленой шихты в каскадно смонтированных цилиндрических вращающихся печах.

В Польше осуществляется производство пористого заполнителя из минеральных отходов угольной промышленности: на заводах в Бытоме (годовая производственная мощность 190 тыс. м<sup>3</sup>), в Кнурове (90 тыс. м<sup>3</sup>) и в Макашево (375 тыс. м<sup>3</sup>). В Семяннице-Сленске построен завод по производству легких заполнителей из агломерированных углистых сланцев, годовая мощность которого превышает 340 тыс. м<sup>3</sup> аглопорита, применяемого главным образом на домостроительных комбинатах в качестве компонента легких бетонов.

**Сжигание твердых отходов.** Использование углистых пород и отходов углеобогащения при термических процессах переработки позволяет сократить расход технологического топлива в зависимости от выпускаемой продукции от 5 (производство цемента) до 20—50% (производство кирпича).

В объеме шихты углесодержащие отходы могут составлять 5—8% (производство цемента), 15—100% (производство кирпича) и 50—100% (аглопорит, керамзит).

К числу перспективных направлений относится также использование углесодержащих отходов производства (разубоженные угли, шламы и илы, высокозольные отсеивы и отходы флотации) в качестве топливно-энергетического потенциала. Это достигается путем сжигания их в топках с кипящим (псевдоожиженным) слоем. Благодаря снижению температурного уров-

ня сжигания от 750—850° С в топках с кипящим слоем значительно уменьшаются образование и выброс в атмосферу оксидов азота и при подаче с топливом известняка — оксидов серы.

В ЧСФР, Бельгии, ФРГ и КНР считают перспективным использование топочных устройств с кипящим слоем для сжигания высокозольных продуктов (60—75%) и отходов флотации.

В ЧСФР разработали и серийно выпускают топочные устройства «Дуклафлюид» двухступенчатого типа производительностью 4—50 т/ч пара. Более крупные котельные установки конструируются по индивидуальным заказам. Они обладают широким диапазоном регулирования производительности (25—100%) и по сравнению с пылеугольными топками отличаются более низким расходом электроэнергии.

В Бельгии эксплуатируется опытно-промышленная установка по сжиганию в кипящем слое 100 т/ч углесодержащих отходов с теплотой сгорания 4600—8400 кДж/кг. Здесь довольно широкое распространение получил процесс выделения энергетического топлива из углесодержащих пород отвалов. На ряде установок, как правило, сезонных, используют с этой целью гидроциклон с магнетитовой суспензией и отсадочные машины с извлечением в товарную фракцию угля соответственно 98 и 60—70% его содержания в исходной породе.

В Бельгии и ФРГ для этих целей лучшие результаты по сравнению с другими типами показали отсадочные машины с пневматической пульсацией. На одной из бельгийских установок используют сепарацию в водной среде во вращающемся барабане. Этот способ получил широкое распространение также в Великобритании. В Польше доказана возможность применения отсадочных машин и концентрационных столов для фракции 2—10 мм с выделением из пиритсодержащих отходов, накапливающихся в шахтных мельницах электростанций, энергетического топлива с пониженным содержанием серы и пиритных концентратов.

В больших масштабах сжигание в кипящем слое внедрено на электростанциях КНР. Здесь работают котлы производительностью до 130 т/ч пара и турбины мощностью до 6500 кВт. В качестве исходного топлива используются углесодержащие отходы зольностью 60—69%, влажностью 5—8% и с теплотой сгорания 5861—9629 кДж.

Во Франции установлено, что содержащиеся в старых отвалах сланцы могут использоваться в качестве топлива на тепловых электростанциях, паровые котлы которых допускают использование высокозольного топлива либо после предварительной обработки его жидким топливом, либо после повторной промывки. Это направление получает быстрое развитие (примерно 1,0—1,2 млн т сланцев в год).

Строительство дорог и земляные работы. Углесодержащие отходы могут быть применены при строительстве

дорог и гидротехнических сооружений. Положительные результаты могут быть получены с внесением добавок в отходы угледобычи вяжущих веществ (цемента, извести, тонкодисперсной золы). Такая видоизмененная пустая порода (обычно связанная цементом) используется в качестве структурного фундамента и цокольной подложки при строительстве дорожных покрытий и подземных автомобильных стоянок, а также при создании площадей, испытывающих большие нагрузки. В строительстве отходы угольной промышленности могут применяться в весьма значительных количествах. Опыт в этом направлении накоплен в Великобритании, ФРГ и ЧСФР. Так, в ФРГ только при сооружении искусственных земляных сооружений ежегодно потребляется 9—13 млн т отходов обогащения. Во Франции сланцы, которые не подвергаются обработке, используют для устройства промышленных площадок, насыпей и оснований автомобильных дорог, красные (перегретые) сланцы после разделения по крупности — для оформления зеленых массивов, отделки площадей, тротуаров, автомобильных стоянок. В дорожном строительстве находят все большее применение смеси, приготавливаемые на основе извести, пылевидной золы или гранулированного шлака. В цементной промышленности используют хвосты флотации сланцев или сланцы крупностью 0—10 мм в качестве компонента для замены части глины.

В последние годы в зарубежной практике заметно возрос интерес к применению углесодержащих отходов добычи и переработки бурых и каменных углей в качестве нетрадиционных видов органоминеральных удобрений. Это вызвано довольно высоким содержанием (20—25% и выше) в отходах органического вещества, наличием необходимых для растений микроэлементов (бор, цинк, никель, молибден, марганец, кобальт и др. в количестве до 2 г/кг каждый) и серы, а также большой емкостью поглощения (до 50 кг-экв/100 г породы), что способствует в целом повышению плодородия обрабатываемых почв и улучшению их механической структуры.

Промышленные испытания показали, что наиболее отзывчивы на внесение удобрений из углесодержащих отходов озимая рожь, овес, гречиха, картофель, томаты, пшеница, ячмень, лук и свекла, а также все крестоцветные. Применение таких удобрений положительно сказывается на урожайности сельскохозяйственных культур.

## НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Научно-исследовательская деятельность в угольной промышленности ведущих угледобывающих стран (США, Великобритания, ФРГ, Франция, Польша, ЧСФР и др.) охватывает практически все стороны горного производства.

В последние годы особое внимание обращено на проблемы газификации, гидрогенизации, получение новых видов топлива, создание систем АСУ, АСУТП, внедрение вычислительной техники (особенно микропроцессоров четвертого и пятого поколений), оптоэлектроники, робототехники, математико-технического обеспечения автоматизированных систем, на гуманизацию условий труда и проблемы эргономики, разработку методов защиты окружающей среды, создание новых материалов, в том числе керамических и высокопрочных сплавов, а также на технологию размещения и утилизацию отходов горного производства.

В ряде стран с рыночной экономикой в сферу исследований для угольной промышленности входят вопросы технологии коксового производства, сжигания угля, а также производства топливной и электрической энергии, использование угля в качестве сырья для химической промышленности.

При этом организации и институты, ведущие научные исследования для угольной промышленности, занимаются в той или иной степени фундаментальными и прикладными исследованиями, практическими разработками и испытаниями.

## ОРГАНИЗАЦИЯ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

В угольной промышленности каждой из ведущих угледобывающих стран сложилась своя система организации научных исследований, определяемая в значительной степени формами собственности и управления в угольной промышленности.

В научных исследованиях для угольной промышленности принимают участие отраслевые институты, угледобывающие компании, университеты, научные отделы и организации компаний, производящих технику для угольной промышленности, различные специализированные организации и институты.

В странах с национализированной угольной промышленностью (Великобритания, Франция) основные научно-исследовательские организации находятся в ведении государственных управлений.

Независимо от экономической системы планирования, оценка исследовательской деятельности, направленной на обеспечение нужд угледобывающей промышленности, финансирование НИОКР находятся за рубежом под правительственным контролем. Такой контроль осуществляется либо непосредственно за счет передачи планирования, финансирования и системы оценки НИОКР в ведение министерств в качестве правительственных органов (в ЧСФР, Польше, Венгрии, Испании), либо органам, руководящим угольной промышленностью и несущим ответственность перед министерством (Великобритания, Франция).

Решения относительно осуществления НИОКР принимались в Великобритании государственной угольной корпорацией «Бритиш коул»; в ФРГ до 1990 г. Обществом каменноугольной промышленности (в которое входят представители всех угольных компаний) — «Штайнколе бергбауферайн»; во Франции — Государственным угольным управлением; в Испании — министерством промышленности и энергетики; в Польше — министерством горнодобывающей промышленности и энергетики (отдел технического прогресса и разработки новых технологий); в ЧСФР — министерством топлива и энергетики.

Проекты долгосрочного экономического развития в национальном масштабе, в рамках которых научно-технический прогресс и НИОКР в угольной промышленности связаны с развитием других отраслей, разрабатываются и утверждаются правительственными органами. Указанные руководящие органы организуют финансирование исследований, выделяя исследовательским подразделениям средства для выполнения утвержденных программ НИОКР или предоставляя дотации (это касается прежде всего фундаментальных исследований). В некоторых странах созданы правительственные органы, координирующие исследовательскую политику разных отраслей в общенациональном масштабе.

Особое внимание уделяется организации системы контроля за ведением НИОКР и оценки их результатов, для чего в Великобритании, ФРГ, Франции, Испании и других странах созданы специальные консультативные органы, в функции которых входят:

- определение основных направлений и целей исследований;
  - подготовка решений по утверждению программ НИОКР и выделению средств;
  - контроль за осуществлением программ;
  - оценка способности исследовательских организаций обеспечить успешное завершение исследований;
  - оценка результатов;
  - обеспечение взаимодействия между исследовательскими организациями и предприятиями, использующими результаты исследований;
  - привлечение экспертов для консультаций, необходимых при разработке и реализации программ НИОКР;
  - организация информации и обмена опытом.
- В ведущих угледобывающих странах разрабатываются программы НИОКР на трех уровнях:
- долгосрочные программы научно-технического развития (на 10—20 лет);
  - среднесрочные планы НИОКР (на 5 лет);
  - текущие планы (на 1 год).

## ОРГАНИЗАЦИИ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИЕ НИОКР

В Великобритании в течение длительного времени существовал научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт в Бретби (с числом сотрудников около 800), входящий в состав государственной угольной корпорации «Бритиш коул». В связи с реорганизацией управления угольной промышленностью с целью повышения ее экономичности институт в Бретби включен органически в состав Главного технического управления «Бритиш коул». При этом был резко сокращен объем работ, снижена в 10 раз численность персонала. Годовые затраты на содержание института снизились с 27—28 млн ф. ст. в первой половине 80-х гг. до 16 млн ф. ст. в 1988—1989 гг. Почти полностью прекратилась разработка новой техники, поскольку руководство «Бритиш коул» придерживалось мнения, что машины достигли уровня, соответствующего требованиям производства. Задачи же ее дальнейшего совершенствования, а также приспособления к конкретным условиям должны решаться фирмами-изготовителями. В Бретби осталась небольшая рабочая группа, занимающаяся вопросами управления горным давлением, группа автоматики и внедрения высокоэффективных технологий на новых шахтах, лаборатории фундаментальных исследований и технологические, ориентированные на обеспечение оптимального сбыта угля. Было создано «разведывательное подразделение», в задачу которого входит проведение «мозговых атак», ознакомление с зарубежными достижениями.

Научно-исследовательским центром угольной промышленности Франции является институт СЕРШАР, подчиненный Государственному угольному управлению Франции. Численность института — около 700 человек. Политика, программа и бюджет СЕРШАР согласовываются с руководящим комитетом, в который входят представители административного персонала горняков, а также министерства промышленности и научных исследований.

В ФРГ министерство научных исследований и технологии осуществляет финансирование, а тем самым контроль и регулирование значительного объема НИОКР в угольной промышленности, в первую очередь в области автоматизации, техники безопасности, защиты окружающей среды. В ФРГ, помимо «Штайнколенбергбауферайн», научные исследования проводили общество «Вестфалише Бергверкшафтскассе» и «Ферзхсгрубенгезельшафт» (опытная шахта). В начале 1990 г. все три организации слились в одну компанию «Дойчмонтантехнологии» (ДМТ), где работают около 2000 человек, более половины которых научные сотрудники, инженеры и техники. Компания состоит из двух обществ «ДМТ Гезельшафт фюр форшунг унд

профунг», занимающейся непосредственно научно-исследовательскими работами, и «ДМТ Гезельшафт фюр лере унд билдунг», в задачи которой входят обучение и профессиональная подготовка. В ДМТ действуют 14 институтов, в которых вопросами техники, технологии и безопасности занимаются 725 человек; вопросами изысканий, маркшейдерии, горной механики, экологии, прикладной геофизики, коксохимии, обогащения, тепловой и электроэнергетики — 450 чел. Весьма большое внимание уделяется связи с НИИ угольной промышленности и организациями Великобритании, ФРГ, Бельгии и других стран, в том числе Восточной Европы, а также проблемам информации.

В Испании НИОКР для угольной промышленности координируются и финансируются министерством промышленности и энергетики и министерством образования и науки непосредственно, а также через Государственную угледобывающую компанию УНОСА. Исследования ведутся шестью государственными научными организациями совместно с различными консультирующими и конструкторскими учреждениями, университетами, а также государственными фирмами и предприятиями.

В США научно-исследовательские работы в области угольной промышленности финансируются и проводятся Горным бюро министерства внутренних дел, министерством энергетики и министерством труда (в области охраны труда). К этим работам привлекается свыше 30 высших учебных заведений.

С целью повышения эффективности и ускорения внедрения результатов исследований в 1987 г. Горное бюро было реорганизовано. Вместо шести директоров действуют три: финансов и управления, информации и анализа, научных исследований. Число отделов, выполняющих отдельные проекты в рамках общей программы НИР, сократилось с 12 до 7. Созданы управления информации общественности и внедрения новых технологий добычи, переработки полезных ископаемых, восстановления земель и утилизации отходов.

В Польше НИОКР для угольной промышленности велись, кроме Главного института горного дела (ГИГД) в Катовице, семью исследовательскими и проектными организациями, которые охватывали проблемы подземных и открытых горных работ, переработки угля, шахтного строительства, автоматизации и электронизации. В 80-х гг. в этих организациях работали 10 300 человек.

В ЧСФР НИОКР в угольной промышленности ведут 5 головных институтов, входящих в систему федерального министерства топлива и энергетики. Наиболее крупный — Угольный научно-исследовательский институт в Острове — Радванице. Существует также Консультативный совет, состоящий из руководящих работников научно-исследовательских институтов, специалистов производства, представителей Академии наук, отдельных концернов и организаций. Данный совет обсуждает



планы деятельности руководящей организации, отвечающей за научно-техническое развитие отрасли, способы решения выбранных задач и их выполнение. Выводы носят характер рекомендаций.

Окончательное решение обычно принимает министерство после обсуждения на Оппонентном совете, председателем которого обычно является представитель министерства. Совет состоит из работников Академии наук, министерства топлива и энергетики, правительственной комиссии по техническому развитию и инвестициям, предприятий — изготовителей оборудования и предприятий отрасли.

В Югославии имеются 7 горных научно-исследовательских институтов, из них 3 занимаются вопросами угля: Белградский горный институт, Тузланский горный институт (в Боснии и Герцеговине), Люблянский горный институт, которые охватывают широкий круг проблем техники, технологии, автоматизации, подземной газификации и др. с преобладанием работ, связанных с открытым способом добычи угля, с экологией, созданием оборудования для электростанций и др.

В Венгрии общее руководство научными исследованиями осуществляет Академия наук. Министерство руководит исследованиями по своим направлениям, назначает ответственные за реализацию программ органы, которые создают программные бюро для непосредственного руководства. Прикладные исследования осуществляются ведомственными отраслевыми институтами, ведущим из которых является Центральный институт развития горного дела (ЦИРГД). На него возложена также координация работ по твердым полезным ископаемым. Испытания и контрольные исследования проводят сами предприятия. Фундаментальными исследованиями занимаются институты Академии наук. Горнодобывающие компании имеют в своем составе научные подразделения. Университеты, в частности Университет тяжелой промышленности (г. Мишкольц), готовящий горных инженеров, ведет исследования по правительственным проектам и заказам компаний.

В КНР научно-исследовательские организации находятся в ведении министерства угольной промышленности. Принята трехуровневая организационная структура:

НИИ централизованного подчинения, возглавляемые Центральным научно-исследовательским угольным институтом (ЦНИУИ), который представляет в настоящее время ассоциацию, объединяющую 11 специализированных общепромышленных институтов, обладающих полной самостоятельностью, а также центральные мастерские, выпускающие образцы, мелкие серии и проводящие промышленные испытания;

провинциальные НИИ, подчиненные местным органам управления отраслью (20 институтов), занимающиеся проблемами развития угольной промышленности данной провинции;

НИИ при шахтах и заводах угольного машиностроения.

В институтах работает более 7 тыс. сотрудников (в том числе в ЦНИУИ около 1500 человек).

В странах с рыночной экономикой конкуренция определяет весьма большую заинтересованность угледобывающих компаний (как государственных, так и частных) в ускорении научно-технического прогресса, а следовательно, и в проведении научных исследований. Так, в ФРГ на базе основной угольной компании «Рурколе» в 80-х гг. велось 200 научных работ — от фундаментальных исследований до решения частных задач на отдельных шахтах.

Фундаментальные исследования, ориентированные на практическое применение, обычно ведутся горнотехническими факультетами университетов. В ФРГ эти исследования проводят факультеты университетов в Аахене, Клаустале, а также в Берлине.

Широкий размах в США, Великобритании, Франции, ФРГ, Испании принимают совместные исследования, для чего создаются объединенные организации, осуществляется международная координация исследований (в первую очередь в странах ЕЭС). Весьма развиты кооперация и выдача заказов специализированным фирмам и организациям различных стран.

НИОКР в области добычи угля ведутся также международными организациями, в частности Международным энергетическим агентством (МЭА), которое централизованно финансирует исследования по управлению горным давлением, обогащению, экономической оценке технологий использования угля. Кроме МЭА, 15 крупных компаний и организаций Европы, Америки, Африки и Австралии (США, ЮАР, Австралии, Великобритании, ФРГ, Франции, Канады) создали в Лондоне Международный угольный институт.

Несмотря на заинтересованность угледобывающих компаний в новых разработках, большую сложность представляет внедрение результатов научных исследований в практику. С этой целью издаются отчеты о проведенных НИОКР, которые рассылаются заинтересованным организациям и предприятиям по заказам. Кроме того, в соответствии с намеченной программой отбирают пригодные для внедрения результаты исследований и пропагандируют их. Проводят также информационные конференции и семинары по различным вопросам с представителями промышленности. В программу работ по внедрению входят также демонстрации результатов научно-исследовательских работ в производственных условиях и оказание помощи в приобретении лицензий.

## ФИНАНСИРОВАНИЕ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Основными источниками финансирования являются: государственный бюджет, из которого часть национального дохода выделяется на развитие науки и техники и распределяется по отраслям в соответствии с их значимостью в экономике страны;

средства, выделяемые угледобывающими компаниями и предприятиями;

собственные средства исследовательских организаций;

банковский кредит;

для стран ЕЭС — средства, выделяемые организациям ЕЭС, в частности Европейским объединением угля и стали;

для ФРГ — средства, дополнительно выделяемые правительствами земель, в которых расположены основные угольные бассейны;

выполнение работ по договорам.

Учитывая степень важности ряда работ для национальной экономики, часть национального дохода выделяется для создания центрального фонда финансирования НИОКР, имеющих особое значение.

Данным фондом распоряжаются правительственные органы (комиссии по планированию, отраслевые министерства, в отдельных странах — министерства, координирующие развитие науки в национальном масштабе). За счет прямых отчислений от госбюджета финансируется часть необходимых средств для НИОКР (от 20 до 50%).

Наиболее распространенный метод финансирования — заказ руководящего органа организации-исполнителю на конкретную НИОКР или на программу исследований, предварительно утвержденных данным руководящим органом.

Значительные средства в НИОКР вкладывают также фирмы — изготовители оборудования. Большой объем работ эти фирмы ведут в рамках централизованно финансируемых программ.

Примером распределения источников финансирования (в %) может служить финансирование СЕРШАР (Франция)\*:

Отчисления от добычи	49
Работы, финансируемые ЕЭС	4
Субсидии министерства промышленности	20
Работы, финансируемые филиалом Государственного угольного управления Франции	14
Работы по договорам	13

\* Данные за 1985 г.

Таким образом, 86% средств на научные исследования поступает централизованно. Следует отметить, что ряд договорных работ выполняется для других стран.

В странах ЕЭС существенную долю в финансировании занимают национальные организации ЕЭС. Так, затраты на НИОКР «Бритиш коул» в 1987/88 отчетном году на 20% финансировались ЕЭС и ЕЭУС (9 млн ф. ст. из 45).

Субсидирование Европейским экономическим объединением угля и стали (ЕЭУС) осуществляется согласно ст. 55 Договора об учреждении этого объединения. Деньги выделяются целевым назначением на конкретные исследования. В частности, в 1987 г. в ФРГ финансировалось 15 проектов (работ) Второй научно-исследовательской программы по повышению уровня техники безопасности, 15 проектов по улучшению гигиены труда в шахтах и др.

В ФРГ производится также централизованное финансирование федеральных общетраслевых программ. Так, по программе «Гуманизация труда», охватывающей все отрасли промышленности, затрачено в 1984 г. 83 млн марок, в 1986 г. — более 106, в 1987 г. — 111 млн марок. Средства выделяются министерствами научных исследований и технологии, а также труда и социальных вопросов и распределяются между различными отраслями, включая угольную.

Даже при проведении исследований самими предприятиями министерство научных исследований и технологии финансирует до 40—50% затрат на промышленные проекты, в частности в области энергосберегающих технологий. В целом затраты на НИОКР в угольной промышленности ФРГ составили в 1987 г. 150 млн марок.

В США исследования в угольной промышленности финансируются из государственных федеральных источников министерством энергетики, министерством Внутренних Дел, министерством труда, властями штатов, а также негосударственными организациями — Ассоциацией углепромышленных компаний, непосредственно угледобывающими фирмами, американским Горным конгрессом.

По финансированию горная наука в США занимает второе место после военной промышленности. Весьма значительные затраты на НИОКР в области тепловых энергоресурсов производит министерство энергетики США. Финансирование НИОКР осуществляется также и по целевым комплексным программам. Так, в 1985 г. была принята «Программа разработки экологически чистых технологий использования угля», рассчитанная на 5 лет. Только государство выделило на эту программу 25 млрд долл. До 50% было вложено частными компаниями.

На втором этапе реализации данной программы на 1988 г. только на проблемы экологии было выделено 575 млн долл. В целом в США затраты на НИОКР в области угольной промышленности достигают 1 млрд долл. в год (включая 25—30% на процессы переработки и сжигания угля).

В ряде стран, входящих в МЭА, затраты на НИОКР в

угольной промышленности интенсивно росли в первой половине 80-х гг., в том числе и в таких странах, где практически не ведется добыча угля (Бельгия, Италия, Нидерланды). Особенно резкий рост их наблюдается в Японии: с 25 млн долл. в 1979 г. до 111 млн долл. в 1980 г. и 137 млн долл. в 1984 г. В то же время они несколько сократились в ФРГ, Великобритании, что связано с сокращением объемов добычи, но и во второй половине 80-х и начале 90-х гг. они превышают 1—2% общих затрат.

В Японии, несмотря на то, что объем добычи непрерывно снижается, был разработан ряд долгосрочных научно-исследовательских программ. Большие средства в разработку крупногабаритного оборудования качественно нового уровня, в частности для открытых работ, вкладывают машиностроительные компании. Удельные затраты на НИОКР, по оценочным данным, составляют 2—3% общих затрат. При этом финансирование осуществляют в крупных финансовых группах, которые распределяют средства на НИОКР через субподрядчиков.

В Польше затраты на НИОКР составляют 2% стоимости продукции. Министерство централизованно финансирует 75% объема научных исследований, а работы Главного института горного дела на 31% финансируются за счет министерства, на 49% — за счет Управления технического прогресса министерства высших учебных заведений и 20% средств поступает от предприятий. Вместе с тем научно-исследовательские организации угольной промышленности Польши действуют на основе хозрасчета и предлагают широкий диапазон услуг предприятиям угольной промышленности.

Из всех ведущих угледобывающих стран только в ЧСФР научные исследования в угольной промышленности финансируются из госбюджета в ограниченном объеме (26%). Остальные 74% средств поступают от угледобывающих и перерабатывающих предприятий. При этом обеспечивается заинтересованность предприятий и объединений в развитии научных исследований, и заключение договоров не встречает затруднений.

В Венгрии финансирование НИОКР осуществляется предприятиями. Каждое предприятие выделяет средства в фонд технических разработок (ФТР) в соответствии с процентным нормативом, установленным для отрасли (для угольной промышленности — 1%); 50% ФТР остается в ведении предприятия, оставшиеся 50% отчисляются министерству промышленности для централизованного финансирования программ НИОКР отраслевого и общегосударственного уровня.

Предприятие самостоятельно распоряжается своими 50% ФТР. Оно само производит НИОКР или перепоручает их выполнение другим исполнителям. Остальные 50%, выделенные для централизованного финансирования, распределяются следующим образом: резервный фонд — 10%; средства, которыми

распоряжается министерство, — 45%. Такая же сумма (45%) выделяется Национальному комитету технического развития. Фундаментальные исследования проводятся также за счет государственного бюджета.

Особенно следует отметить весьма значительное внимание, которое уделяется информации по угольной промышленности других стран, накоплению банка данных и аналитическим исследованиям состояния технического уровня тенденций развития добычи, обогащения и переработки угля. Затраты на эти цели финансируются централизованно. Так, в США только Горное бюро ежегодно расходует на получение информации 20% своего бюджета, или 18 млн долл.

Одним из важнейших направлений деятельности Международного энергетического агентства являются информационные исследования и накопление базы данных, на которые затрачиваются значительные суммы.

## ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

### ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЕ

Большое внимание за рубежом уделяется разработке прогнозов в области добычи и потребления энергетических ресурсов, в том числе угля. Буквально ежегодно появляются новые прогнозы или производится корректировка существующих. При этом следует отметить, что сопоставление фактических и прогнозных показателей после истечения срока прогноза, как правило, дает значительные отклонения. Поэтому не следует переоценивать точность приводимых в прогнозах показателей. Однако благодаря этим прогнозам удается своевременно установить основные тенденции развития. Через 20—30 лет будет потребляться примерно в 1,5 раза больше энергии, чем в настоящее время, причем от  $\frac{3}{4}$  до  $\frac{4}{5}$  этого объема будет покрыто за счет невозобновимых источников энергии. При современной численности населения Земли 5,3 млрд человек в развивающихся странах проживает примерно 4 млрд человек. Каждый из них в настоящее время потребляет лишь 0,1 объема энергоресурсов, приходящихся на одного жителя промышленно развитых стран. Но и в этих странах имеет место существенное различие. Так, житель Северной Америки потребляет примерно вдвое больше энергии, чем житель Западной Европы. Поэтому ожидается, что рост энергопотребления будет происходить главным образом в развивающихся странах. Но для того, чтобы современные страны третьего мира по душевому потреблению энергоресурсов приблизились к Западной Европе, необходимо

более чем в 2 раза увеличить современное мировое потребление энергии, что практически мало вероятно. Следует учитывать, что через три десятилетия на Земле будут жить на 3 млрд человек больше, чем сейчас, причем 90% из них — в странах «третьего мира». Таким образом, вопрос о первичных источниках энергии стоит все более остро. Этим объясняются постоянно возникающие опасения относительно дефицита энергоресурсов, особенно если учитывать крайне ограниченные запасы нефти и природного газа.

С охарактеризованными тенденциями органично связаны перспективы добычи и потребления угля. Согласно прогнозу Комитета по угляю Европейской экономической комиссии ООН (табл. 49), добыча каменного угля в мире увеличится на 15%. В таком же соотношении возрастет и потребление. Объем внешней торговли повысится примерно на 30%. Потребление каменного угля в Западной Европе возрастет на 7%, однако добыча его снизится на 7,5%. Удовлетворение потребности будет обеспечено в основном за счет повышения импорта на 30%. На 14% возрастет потребление каменного угля в Северной Америке, одновременно повысится экспорт на 29%. Это будет обеспечено ростом добычи угля более чем на 140 млн. т.

Добыча угля в азиатских странах увеличится на 24%, в основном за счет КНР, Индии и частично Индонезии, и на 38% в Австралии. Такой рост должен обеспечить предполагаемое повышение потребления — в 1,5 раза и главным образом экспорта.

Что касается более отдаленной перспективы, то по прогнозу мировой энергетики, представленному в середине 1990 г. Комиссией ЕЭС (табл. 50), спрос в мире на твердое топливо будет расти в среднем на 2,3% в год до 2010 г. Уголь будет оставаться главным топливом на тепловых электростанциях: 62% первичного твердого топлива будут потреблять электростанции (против 52% в 1987 г.).

Замедление реализации программ развития атомной энергетики в большинстве стран, входящих в ОЭСР (Организация экономического сотрудничества и развития), означает, что спрос на уголь для производства электроэнергии в этих странах возрастет на 80% за 1987—2010 гг. (в среднем на 2,6% в год). В странах Восточной Европы, где в настоящее время на долю твердого топлива приходится 55% общего потребления первичных энергоносителей, спрос на уголь может возрастать, правда, в небольшой степени (менее чем на 1% в год) и, главным образом для производства электроэнергии. В 2010 г. в этих странах на долю твердого топлива придется около 45% общей потребности в первичных энергоносителях. Однако собственная добыча угля здесь может снизиться из-за того, что в угольной промышленности этих стран высоки издержки производства, и, кроме того, потребуются дополнительные затраты на природо-

Таблица 49

Прогноз потребления, добычи, импорта и экспорта каменного угля до 2000 г., млн т

Регион	Потребление		Добыча		Импорт		Экспорт	
	1990 г.	2000 г.	1990 г.	2000 г.	1990 г.	2000 г.	1990 г.	2000 г.
Регион ЕЭК	1902,4	2041,1	1919,6	2046,7	189,5	233,0	205,7	226,4
В том числе:								
Западная Европа	337,6	361,7	209,2	193,5	137,8	178,9	9,6	6,0
Восточная Европа	792,9	800,5	528,9	830,4	35,2	34,8	70,2	57,5
Северная Америка	771,9	879,0	881,5	1022,8	16,5	19,3	126,0*	163,0**
Латинская Америка	32,8	44,6	39,6	39,8	63,2	12,9	27,5	42,1
Африка	152,8	158,4	197,8	212,9	3,8	6,3	47,6	56,0
Азия	1469,6	1822,8	1313,0	1629,6	184,1	237,8	16,0	41,4
Океания	42,2	65,3	150,5	207,5	0,0	104,5	104,5	140,7
Мир в целом	3599,9	4132,2	3620,7	4159	390,3	504,6	389,3	506,6

\* Канада 31 млн т и США 95 млн т.

\*\* Канада 42 млн т и США 121 млн т.

Таблица 50

Прогноз потребности в твердом топливе до 2010 г., млн т у. т.

Год	США	Канада	Япония	ЕЭС	КНР	Мир в целом
1987	666	48	101	335	650	3128
1990	704	51	113	341	725	3366
1995	762	50	122	357	932	3725
2000	790	64	129	398	945	4138
2005	918	74	138	432	1047	4683
2010	1038	83	142	467	1162	5252*

\* Мировая потребность в нефти на 2010 г. прогнозируется несколько выше, чем 5640 млн т у. т., а потребность в газе — несколько ниже, чем 4780 млн т у. т.

охранные мероприятия. К 2010 г. Восточная Европа может превратиться в крупного импортера угля, частично и из стран СНГ.

В ЧСФР к 2000 г. будет сокращена добыча бурого угля до 76 млн т, поскольку его использование вызывает загрязнение окружающей среды, и ряд угледобывающих предприятий нерентабелен, а добыча каменного угля будет уменьшена до 15 млн т.

В восточных землях Германии (бывшей ГДР) добыча угля сократится к 1995 г. до 244 млн т, к 2000 г. — до 193 млн т и в XXI в. — примерно до 140 млн т.

Китай будет продолжать наращивать добычу и потребление угля и после 2000 г. и, возможно, удвоит объем добычи угля к 2010 г. (среднегодовые темпы прироста составят 3%), причем он может стать важным экспортером после 1995 г.

Ожидается, что развивающиеся страны в течение ближайших 20 лет будут увеличивать собственное потребление угля более чем на 5% ежегодно. Поскольку страны ЕЭС и некоторые регионы развивающихся стран не обладают значительными запасами конкурентоспособного угля, расширится международная торговля углем.

В странах ЕЭС, несмотря на предусматриваемый рост потребности в угле (например, с 1990 по 2000 г. на 57 млн т у. т.), добыча каменного угля сократится примерно на 20 млн т. Таким образом, будет наблюдаться тенденция увеличения импорта угля (100 млн т в 1980 г., 115 млн т в 1990 г. и около 145 млн т в 2000 г.).

Такая ситуация обусловлена, как указано выше, значительно меньшими ценами на импортный уголь, чем на собственный, всего 16—25 долл. за 1 т товарного угля в США, 21—40 долл. в Австралии и в 8—11 долл. в ЮАР, в то время, как средние издержки производства на шахтах Великобритании равны 92 долл., а на шахтах ФРГ (концерн «Рурколе») — 173 долл.

В рассматриваемый период будут проходить существенные

структурные сдвиги в потреблении угля. К 1995 г. спрос угля для коксования снизится примерно на 25% по сравнению с показателем конца 80-х гг. Это произойдет в значительной мере из-за сокращения объема производства металлургической промышленности и по технологическим причинам (из-за использования в доменных печах вместо кокса пылевидного угля, так как в данном случае расход угля сокращается). Однако, несмотря на снижение производства металлургической промышленности, производство кокса останется, по крайней мере в обозримом будущем, важным направлением использования угля.

Долговременной тенденцией явится также нарастание спроса на высококачественный уголь с низкими показателями зольности, влажности, содержания серы.

## РАЗВИТИЕ ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИИ ДОБЫЧИ УГЛЯ

В течение ближайших 20 лет доля всей добычи открытым способом в общей добыче в мире, составляющая в конце 80-х гг. 48%, возрастет до 53—55%. В том числе в ФРГ она составит 55%, Канаде, Индии и Турции — 75—80%, в Греции — 100%.

В США доля добычи угля открытым способом постоянно снижается: в 1995 г. она составит 51,5% (в 1985 г. — 61,3%). Следует ожидать дальнейшее снижение.

Увеличение добычи угля в развивающихся странах намечено в основном за счет строительства новых разрезов.

В Великобритании, ЮАР, Замбии открытым способом будет добываться только каменный уголь, в ФРГ, Греции, Италии, Турции — только бурый, в остальных странах — и тот, и другой.

Не следует ожидать в этот период практического внедрения нетрадиционных способов добычи угля. Гидродобыча сможет найти ограниченное применение. В традиционных регионах добычи угля (Европа, США, КНР, ЮАР, Индия) будет увеличиваться глубина шахт и разрезов. Для Европы реальной станет добыча на глубинах до 1500 м. Специалисты ФРГ считают, что технически будут решены в 90-х гг. задачи добычи угля на глубинах до 1800 м, а к 2000 г. — и до 2000 м. Еще более отчетливо будет проявляться тенденция сокращения объема добычи из крутых и тонких пластов, а также (при возможности) из пластов, опасных по внезапным выбросам.

В странах, где будут наращиваться объемы добычи угля (США, КНР, Австралия, Индия, ЮАР, Канада) будет продолжаться строительство новых шахт и разрезов. В определенной мере это относится и к Колумбии.

Если учитывать тенденцию к сокращению объемов добычи,

то в европейских странах не ожидается строительство новых шахт, за исключением единичных случаев для восполнения выбывающих мощностей, более того, будут закрываться действующие угледобывающие предприятия.

Поскольку, например, в ФРГ, Польше, Великобритании достигнуты оптимальные пределы мощности при данной угленосности, будет повышаться, правда, в ограниченном объеме среднесуточная нагрузка на шахту. Так, очевидно, в ФРГ и Польше среднесуточная добыча будет несколько более 9—11 тыс. т товарного угля. В Великобритании среднесуточная добыча по шахте, учитывая закрытие маломощных нерентабельных предприятий, может достигнуть почти 5 тыс. т.

За рубежом будут вестись интенсивно работы по совершенствованию техники и технологии подземного способа добычи. Поскольку современная шахта представляет собой единую систему, подсистемы которой находятся в многочисленных взаимосвязях, управление и оптимальное использование подобных систем возможно только при комплексном решении поставленных задач на основе системного подхода. В западно-европейских странах на этой основе разрабатываются соответствующие программы. Так, Комиссия ЕЭС разработала среднесрочные «Основные направления исследований в области техники и технологии угля на 1990—1995 гг.», которые являются продолжением аналогичной программы на 1986—1990 гг. и важнейшие положения которых будут сохраняться и на следующий период.

Основные направления охватывают все сферы угольного производства: добычу, обогащение, использование угля в металлургии, сжигание, переработку и защиту окружающей среды и являются органической частью программ, обеспечивающих выполнение энергетической политики и общих направлений исследований ЕЭС в целом. Таким образом, научные исследования и их практическое использование будут осуществляться не в одной стране, а в рамках западно-европейских стран в целом, т. е. процесс централизации управления и организации научных исследований в международном масштабе будет ускоряться.

При создании новой техники и технологии особое внимание будет обращено не только на разработку отдельных машин и механизмов, но и на обеспечение надежности производственных процессов и всей технологической цепочки в целом и с этой целью на совершенствование систем диагностики и самоконтроля. При этом ставится задача создания новых систем или, как определяют зарубежные специалисты, «взлома» традиционных систем. Примером, поясняющим этот принцип, может послужить транспортная система шахты, на которой применяется полная закладка выработанного пространства. Вся добытая горная масса доставляется к стволу, выдается на поверхность и обогащается. Большая часть отходов в качестве закладочного материала спускается в шахту. Эту относительно жесткую си-

стему удастся «взломать», если, как практиковалось ранее в подземных выработках, смонтировать установку предварительного обогащения для отделения породы, которую можно было бы использовать для закладки выработанного пространства. При этом резко снизилась бы нагрузка на шахтный подъем.

Большое внимание будет уделяться эргономике.

**Подземные работы.** В области подготовительных работ будет расширяться применение комбайнового способа. Проведение выработок с использованием комбайнов избирательного действия превысит в Великобритании 90%, в Польше 75%. В ФРГ существует тенденция эффективного использования как комбайнов, так и буровзрывной техники. Поэтому доля комбайнов за указанный период не превысит 60%. Расширится применение проходческих комбайнов среднего и тяжелого типов (с массой до 80—90 т и более, с мощностью привода более 300 кВт).

Среднесуточная скорость проведения выработок может достигнуть 20—25 м. Площадь поперечного сечения выработок увеличится до 25 м<sup>2</sup> и более (особенно в ФРГ), что потребует существенного роста сопротивления арочной и кольцевой крепей. В еще более широком масштабе будет практиковаться охрана выработок полосами из разного рода материалов.

К 2000 г. начнется внедрение автоматизированных проходческих комплексов как для комбайнового, так и буровзрывного способов проходки.

В области очистных работ дальнейшее совершенствование основных элементов очистного оборудования (крепи, выемочные машины, конвейеры) возможно лишь путем медленной эволюции при сравнительно высоких затратах. Не следует ожидать появления принципиально новых выемочных машин или средств крепления и доставки.

За рубежом высказываются соображения о том, что технический прогресс в области очистных работ достигим лишь в небольшом объеме. Повышение массы крепи и мощности привода выемочной машины уже не может дать резкого прироста производительности. Система очистных работ высокоразвита и усовершенствована. Дальнейшее увеличение диаметра цепей также вряд ли повысит производительность конвейера. Здесь действует закон убывающей эффективности новых технических решений. Работы в связи с этим будут идти в следующих направлениях: повышение надежности систем, облегчение обслуживания и ремонта машин путем повсеместного внедрения блочных и модульных конструкций, лучшее приспособление машин к сложным геологическим условиям и экстремальным ситуациям, создание комплексов меньшей массы, приспособленных к транспортированию. Высказываются также соображения о целесообразности возвращения на качественно новом этапе к схеме, при которой выемочная машина передвигается не по

конвейеру, а по почве пласта. В результате подобного изменения можно уменьшить массу конвейера, снизить мощность привода, уменьшить износ.

До 2010 г. не следует ожидать увеличения длины лавы, которая в западно-европейских странах приближается к пределу по соображениям производительности, экономики и безопасности (порядка 250—300 м). Будут совершенствоваться техника и технология работ на сопряжении лавы со штреком. Существенный эффект будет получен на базе применения систем электрогидравлического управления, построенных на микропроцессорной технике, за счет автоматизации производственных процессов, хотя полностью безлюдная выемка, за весьма редкими исключениями, в рассматриваемое двадцатилетие применяться не будет.

Основными машинами для выемки останутся комбайны и струги, причем сфера применения стругов будет несколько расширяться; расширится также применение фронтальных агрегатов. Будет продолжаться совершенствование привода механизмов лавы. Широкое применение найдут регулируемые системы привода, построенные на принципе применения различного типа муфт, а также частотного регулирования и др.

Получат более широкое применение крепи, обеспечивающие одновременное производство работ по выемке угля и закладке выработанного пространства.

В западно-европейских странах не ожидается существенного роста нагрузки на лаву. Очевидно, она может несколько превысить 2000 т, в то же время в особо благоприятных условиях на отдельных участках шахт Западной Европы, на отдельных шахтах США и Австралии среднесуточная нагрузка может составить около 5—10 тыс. т и более.

Наряду с очистными работами особенное внимание будет обращено на совершенствование инфраструктуры. Уже в настоящее время транспортные системы непрерывного и циклического действия с развернутыми схемами автоматизации обеспечивают высокие требования очистных и подготовительных работ. Особую сложность будет представлять в связи с непрерывным удлинением транспортных путей проблема транспорта массовых грузов и материалов, а также людей к местам работы.

До 2010 г. произойдут изменения в системах подземного транспорта в сторону расширения сферы использования конвейеров (в Великобритании, например, почти повсеместно, в ФРГ — 80% и более). Будет возрастать скорость движения конвейерных лент до 4—5 м/с, а в отдельных случаях на мощных линиях по капитальным выработкам и наклонным стволам — до 6—8 м/с.

В области локомотивного транспорта ожидается увеличение скоростей движения (в единичных случаях при перевозке людей

на дальние расстояния до 20 и даже 40 км/ч в Великобритании), внедрение поездов массой 1200—1400 т. Будет существенно расширяться применение безрельсового специализированного транспорта (транспортирование оборудования, инструмента, оборудования для ремонтных работ, кабелей, перевозка строительных материалов, людей и др.).

Дальнейшее развитие получают напочвенные и подвесные дороги для перевозки людей и материалов с преимущественным развитием систем с автономным приводом, кресельные дороги для перевозки людей как по горизонтальным, так и по наклонным выработкам.

К 2000 г. будет (в первую очередь в ФРГ) применяться промышленный транспорт на магнитной подушке.

В достаточно широком объеме начнется применение специального конвейерного транспорта с лентами, позволяющими производить транспортирование на конвейерах под большим углом наклона (вплоть до 90°), а также лент шлангового типа, канатно-ленточных конвейеров, в которых борта ленты замыкаются специальным соединением и при движении лента представляет собой как бы шланг соответствующего диаметра.

**Открытые работы.** В 2010 г. в ряде стран в разработку будут вовлекаться месторождения с неблагоприятными горно-геологическими условиями и ухудшающимся качеством углей, с высоким коэффициентом вскрыши, а также небольшие месторождения. Во всех странах увеличится коэффициент вскрыши, который составит: в Канаде, США и Великобритании — 15—20 м<sup>3</sup>/т, Австралии — до 9, Испании — около 3, Индии — 6, Греции — до 2 м<sup>3</sup>/т.

К 2010 г. средняя глубина разработки на разрезах достигнет: в Австралии — более 150 м (в настоящее время от 30 до 100 м), в Греции — 180 м (сейчас до 130 м), Великобритании — 220 м (в настоящее время в среднем 36 м), Колумбии — около 200 м, Индии — 400 м (против 100—150 м). Самый глубокий разрез «Хамбах» в ФРГ достигнет глубины 600 м.

Для предварительного рыхления пород получит распространение применяемое в США и Великобритании направленное взрывание.

Наряду с бестранспортной системой разработки будет применяться комбинированная система с автомобильным, железнодорожным и конвейерным транспортом. Значительно расширится применение на разрезах прогрессивной циклично-поточной технологии, наибольшее развитие найдут схемы с конвейерным и автомобильно-конвейерным транспортом, передвижные и самоходные дробильные установки производительностью более 4000 т/ч.

На бурогольных разрезах большинства стран будет применяться система разработки с использованием роторных экскаваторов, конвейерного транспорта, консольных ленточных отв



лообразователей. Расширится область применения роторных экскаваторов с повышенным усилием копания для горных пород повышенной прочности (слабые аргиллиты, алевролиты и песчаники, крепкие каменные угли и др.). Теоретическая производительность роторных экскаваторов достигнет 20 тыс. м<sup>3</sup>/ч при высоте верхнего черпания 50 м.

В области машин цикличного действия наблюдается тенденция к использованию машин средней производительности. Значительная часть экскаваторов типа механической лопаты с электроприводом будет оснащаться ковшами вместимостью менее 30 м<sup>3</sup>. Лишь отдельные модели будут иметь ковши вместимостью более 45 м<sup>3</sup>. Многолетняя практика показала эффективность применения двух машин меньшей мощности вместо одной крупной.

Развитие экскаваторов типа механической лопаты пойдет по пути расширения использования гидравлических экскаваторов с вместимостью ковша до 40 м<sup>3</sup>.

При конструировании драглайнов наблюдается тенденция к снижению массы стрелы и ковша. Так, фирма «Марион» (США) уже поставляет стрелу длиной 110 м для драглайна с ковшом вместимостью 41 м<sup>3</sup> из специальных сплавов алюминия; масса такой стрелы на 33% ниже изготовленной из стали при их одинаковой прочности.

Фирмы ФРГ и США будут изготавливать специальные комбайны непрерывного действия для открытых работ, которые с недавнего времени эксплуатируются на разрезах США, ФРГ, Канады и других стран. Такая машина сможет обеспечить увеличение степени извлечения угля в 2 раза. Максимальная производительность комбайнов при выемке бурого или суббитуминозного угля составит более 3000 т/ч.

Расширится использование конвейерного транспорта повышенной производительности, конвейеров для транспортирования крепких пород и крупнокускового угля в комплексе с передвижными дробилками. Максимальные параметры ленточных конвейеров будут достигать: ширина ленты 2—3 м, скорость движения 7,5 м/с.

Автомобильный транспорт будет применяться на большинстве разрезов с крепкими породами. Ожидается, что будет вестись разработка самосвалов грузоподъемностью более 170—180 т (вплоть до 350 т). В то же время существует и противоположная тенденция применения машин грузоподъемностью максимум до 140 т в связи с большими затратами на дизельное топливо и снижением эффективности дизельного привода с увеличением мощности. Это вызывает в ряде стран, особенно не имеющих собственной нефтяной базы, стремление полностью отказаться от автотранспорта или значительно сократить его применение. В качестве альтернативы в ряде стран предлагается применение троллейной системы, от которой машины полу-

чают питание переменным током с применением трехфазных асинхронных тяговых двигателей с тиристорными преобразователями.

Предусматривается широкое использование думпкаров грузоподъемностью 180 т. Получит дальнейшее развитие транспорт тяжеловесными маршрутными поездами.

Перспективным видом транспорта является трубопроводный пневмо- и гидротранспорт.

Для отвалообразования будут применяться консольные отвалообразователи, производительность которых в настоящее время превышает 30 000 м<sup>3</sup>/ч, длина консоли — 135 м.

Считается, что производительность и единичная мощность горного и транспортного оборудования на ближайшее будущее являются пределом технических возможностей и целесообразности. Внимание будет сосредоточено на повышении степени использования. Предполагается широкое внедрение средств автоматизации на базе микропроцессорной техники.

**Электроснабжение.** В настоящее время уже создано взрывобезопасное оборудование, которое по своим параметрам может обеспечить предполагаемый рост производительности машин, работающих как в шахтах, так и на разрезах. Поэтому в течение ближайших 10—15 лет основной задачей будет разработка высоконадежной безотказной системы энергоснабжения, устойчиво обеспечивающей максимальные рабочие режимы оборудования на всех производственных процессах. С этой целью предполагается во всех тех случаях, когда это необходимо, повышение рабочего напряжения подземной сети до 3—5 и 6 кВ.

На ряде процессов будут внедряться системы регулируемого привода переменного и постоянного тока, а также будет использоваться (в первую очередь на подъеме и конвейерных линиях) частотное регулирование частоты вращения с использованием статических преобразователей и синхронных электродвигателей.

Для обеспечения нормального режима работы подземных сетей предполагается достаточно широкое внедрение компенсационных устройств, преимущественно на базе батарей конденсаторов.

В связи с широким внедрением систем автоматизации с определенным сокращением обслуживающего машины персонала следует ожидать роста удельной электровооруженности подземного рабочего.

Существенно возрастут мощности стационарного оборудования.

Будут осуществлены сдвиги в освещении подземных выработок. Угольная промышленность может отказаться от ламп накаливания и перейти на использование для всех величин применяемого в шахтах напряжения люминесцентных светильников. Для участков с особо неудобными условиями, как, например, сопряжение лав со штреками, проходческие забои и

т. п., разработаны новые системы освещения с искробезопасными светильниками и кабелями. Эти светильники работают на повышенной частоте, что повышает их безопасность. Совершенствование головных светильников будет идти в направлении снижения массы, которая еще велика (около 2,4 кг), и улучшения формы аккумулятора.

**Применение вычислительной техники, АСУТП.** Важнейшим направлением развития в угольной промышленности на следующие 20 лет будет повсеместное внедрение автоматических систем управления технологическими процессами (АСУТП) на базе новейших средств электроники четвертого и пятого поколений и ЭВМ для решения задач управления производством в целом, планирования и проектирования, что создаст еще более широкие возможности для применения системного подхода к решению комплекса задач угольного производства.

До 2000 г. на наиболее крупных шахтах ФРГ, Великобритании, США, Австралии будет практически реализована идея так называемой частично автоматизированной шахты (т. е. без полного снятия людей с производственных процессов и операций).

По оценке специалистов Великобритании, США и ФРГ, наиболее значительный эффект в области повышения производительности труда будет получен от внедрения систем АСУТП и вычислительной техники за счет повышения надежности и бесперебойности процессов производства, автоматического выбора оптимальных рабочих режимов оборудования, повышения безопасности, облегчения условий труда.

В 90-е гг. начнется внедрение робототехники, в первую очередь для монтажа и демонтажа оборудования, погрузки его на транспортные средства, замены блоков и модулей машин и механизмов.

Будет продолжаться процесс выноса пунктов контроля и управления на поверхность (управление очистными, горно-подготовительными работами, транспортом и др.).

Со второй половины 90-х гг. интенсифицируется внедрение для системы телеконтроля телевизионных камер и мониторов. Передачи изображения на экраны мониторов будут осуществляться с любой точки в шахте с использованием телефонной сети или оптоэлектроники.

Внедрение систем АСУТП будет сдерживаться из-за высокой стоимости оборудования. Кроме того, ряд существующих устройств (преобразователи, измерительные приборы, датчики различных параметров, исполнительные механизмы) нуждается в дальнейшем совершенствовании.

На ОФ основными направлениями в 90-е гг. являются внедрение регулирования хода технологических процессов на базе самопрограммируемых систем и обеспечение контроля и телеуправления производственными процессами из централизованных пунктов обработки информации и управления.

На разрезах в 90-е гг. будут внедряться системы сбора, переработки данных и телеуправления, предназначенные для объектов, расположенных на дальних расстояниях от центральных пунктов управления. Широкое распространение получат радиосистемы. Предусматривается широкое внедрение автоматизации режимов работы основных горнотранспортных механизмов (угол поворота экскаватора, подъем стрелы и др.).

**Кадры.** Интенсивное внедрение сложных систем автоматизации и управления, внедрение робототехники, потребность в математическом обеспечении работы ЭВМ — все это определяет качественно новые требования к работникам отрасли и тенденцию существенного увеличения доли специалистов в области автоматизации, электроники, информатики и математики. В связи с этим в 90-е гг. будет проходить переориентировка в обучении и переобучении кадров, что потребует существенных дополнительных затрат как непосредственно на производстве, так и в учебных заведениях.

**Использование угля.** Одной из важных технических проблем при дальнейшем расширении сферы использования угля является замена им нефти и газа. Такая замена будет происходить в цементной промышленности (обжиговые печи), на бумажных фабриках (топки, в которых сжигались отходы). Однако до 2000 г. не представляется возможным перевод на уголь тех производств, где нефть и газ используются в качестве технологического сырья и где уголь может применяться только после превращения его в газообразное или жидкое состояние.

Существенно расширится применение технологии сжигания угля в кипящем слое. Во Франции намечена программа строительства ряда крупных ТЭС, где будет использоваться данная технология.

Будут продолжаться опытные работы по подземной газификации углей в ряде стран (США, ФРГ, Франция, Италия, Польша, ЧСФР). В Великобритании разработан проект эксперимента по подземной газификации, рассчитанный на 5 лет. Программа подземной газификации на 8—10 лет разработана в США для шахт компании «Пибоди коул».

В 90-е гг. будут вестись интенсивные работы по созданию и освоению опытных и промышленных установок для газификации угля в ФРГ. Завод для газификации угля будет сооружен в КНР. Строительство ТЭС на газе, полученном из угля, мощностью около 250 тыс. кВт будет осуществляться в Нидерландах и Италии.

В США, ФРГ и Австралии будут продолжаться также работы по гидрогенизации угля и сооружению первых промышленных предприятий.

В ряде стран (США, ФРГ, Япония, Италия, Австралия, Канада, Швеция и др.) будут продолжены работы на полупромышленных и промышленных установках по приготовлению и

использованию топливных суспензий, в том числе наиболее перспективных водо-угольных из обогащенных тонких классов низкосольных и малосернистых углей. При этом предполагается, что водо-угольные смеси смогут заместить до 20% потребляемого в мире топливного мазута.

В США, ФРГ, Франции, Австралии также будут вестись исследования на опытных и полупромышленных установках по получению экономически чистого угольного топлива с зольностью менее 1% и с весьма незначительным содержанием серы.

Анализ перспектив развития угольной промышленности за рубежом позволяет сделать вывод о том, что в предстоящий 20-летний период в отрасли произойдут достаточно значительные сдвиги по различным направлениям. Существенным препятствием на этом пути будут ограниченные финансовые и людские ресурсы, конкуренция других теплоносителей и в европейских странах — неэффективность угольного производства, что будет сдерживать темпы перемен.

## Список литературы

1. Афендилов В. С., Дубровский Е. М., Ясный В. К. Основные тенденции технического развития угольных шахт за рубежом: Обзор ЦНИЭИуголь. — М., 1989.
2. Бете В. П., Шрамм Г. Развитие конструкций подъемных машин вплоть до исполнения со встроенным двигателем // Глюкауф. — 1989. — № 1. — С. 33—36.
3. Ваххольд В. Управление шнековым комбайном из участковой диспетчерской // Глюкауф. — 1989. — № 5/6. — С. 40—44.
4. Владимиров В. М., Писаренко В. В. Карьерные роторные экскаваторы: Обзор / ЦНИЭИуголь. — М., 1991.
5. Вэйтань Ф., Минхэ Ч. Развитие и перспектива угольной промышленности Китая // Горнорудное дело в будущем — тенденции его развития и перспективы: 14-й Всемирный горный конгресс. — КНР, 1990.
6. Добыча угля за рубежом: Обзор / ЦНИЭИуголь. — М., 1988.
7. Дубровский Е. М. Породное хозяйство угольных шахт за рубежом: Обзор / ЦНИЭИуголь. — М., 1985.
8. Дубровский Е. М. Промышленное использование породы угледобывающих предприятий: ЦПВСНТГО. — М., 1989.
9. Игнатев В. И., Ясный В. К. Зарубежные комбайны избирательного действия // Шахтное строительство. — 1989. — № 1. — С. 26—29.
10. Изучение проблем газификации и ожижения угля. ЕЭК ООН. Комитет по энергетике // Energy/WP, 1/GE, 3/R, 1, 27 March, 1991.
11. Ильин В. И., Суетин Г. Г. Современное состояние и развитие угольной промышленности КНР: Обзор / ЦНИЭИуголь. — М., 1989.
12. Крумник А. Основные направления развития, технические и научные особенности угледобывающей промышленности в ЧССР // Горнорудное дело в будущем — тенденции его развития и перспектива: 14-й Всемирный горный конгресс. — КНР, 1990.
13. Крупнейшая в мире ТЭС на технологии газификации угля будет построена в Нидерландах // International Coal Letter. — 1989. — № 13, 11. — Р. 8—10.
14. Майзельбах Б., Шёнауэр З., Лёвенштайн Х. В. Регулирование привода горных машин // Глюкауф. — 1989. — № 19/20. — С. 16—21.
15. Мировые запасы и добыча угля // ICR Coal Statistics Monthly. — 1991. — № 7. — Р. 4—5.
16. Мюллендорф Р. Расходы предприятий каменноугольной промышленности ФРГ на возмещение ущерба от повреждений поверхности // Глюкауф. — 1987. — № 12. — С. 24—30.
17. Намеченный эксперимент в области подземной газификации угля // Coal Age. — 1986. — № 5. — Р. 28—30.
18. Научно-исследовательские и проектно-конструкторские работы в области использования угля // Gas Engineering and Management. — 1988. — № 9. — Р. 273—274.
19. Новак И., Мучкова И., Сладкова Д. Влияние подработки и экология местности в горнопромышленном районе Остравско-Карвинского бассейна: Тр. VII Международного маркшейдерского конгресса. — Ленинград. — 1988. — Т. XI. — С. 84—91.
20. Программа X Международного конгресса по обогащению углей. Ч. 2. Технические секции, 1—5 сентября, Канада, г. Эдмонтон, 1986. — С. 390—410.
21. Разработка крепких пород вскрыши и выемка каменного угля роторными экскаваторами «Такраф» // Hebezeuge und Fördermittel. — № 8. — S. 236—239.
22. Сжигание в кипящем слое низкалорийных твердых углей. ЕЭК ООН, Комитет по энергетике // Energy / WP.1/GE. 3/R.2, 27 March, 1991.

Издательство  
**«ГОРНАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ»**  
располагает возможностями  
для подготовки и издания  
различной печатной продукции:

●  
КНИГ

●  
БРОШЮР

●  
МОНОГРАФИЙ

●  
РЕКЛАМНЫХ БУКЛЕТОВ и т. д.

●  
Адрес издательства: 107066, Москва,  
Нижняя Красносельская ул., 20, строение 3  
Телефон-факс: 261-30-98

●  
Телефоны редакции: 241-86-42, 241-89-66

23. Система автоматической компенсации реактивной мощности в электро-энергетической шахтной сети // Mechanizacja i Automatyzacja Górnictwa. — 1986. — № 7—8. — С. 49—54.
24. Спинка Х. Дорога на магнитной подушке для каменноугольных шахт // Глюкауф. — 1989. — № 9/10. — С. 32—43.
25. Тиммерберг И. Универсальная программируемая система управления // Глюкауф. — 1989. — № 17. — С. 11—15.
26. Угольный разрез «Дрейтн» // Miplo. — 1987. — № 19. — Р. 31—36.
27. Франция приступает к строительству электростанций на технологиях чистого сжигания угля // International Coal Letter. — 1989. — № 13, 11. — Р. 1—3.
28. Хайзинг Ф. Стратегия применения АСУ ТП в каменноугольной промышленности // Глюкауф. — 1988. — № 4/5. — С. 3—7.
29. Хакенберг В. Подвесные и напочвенные рельсовые дороги для доставки материалов и перевозки людей в шахтах // Глюкауф. — 1989. — № 17/18. — С. 36—40.
30. Харрис Л. Пути развития горной промышленности в различных странах // Горнорудное дело в будущем — тенденции его развития и перспективы. 14-й Всемирный горный конгресс. — КНР, 1990.
31. Чаудерна Н. Состояние и перспективы развития автоматизации в лаве // Глюкауф. — 1988. — № 10. — С. 12—16.
32. Чан Юй хан, Сун Цзян мин, Чан Мао пин. Об оценке экономической эффективности выемки угля под зданиями, сооружениями и природными объектами: Тр. VII Международного маркшейдерского конгресса. — Ленинград. — 1988. — Т. IX. — С. 149—152.
33. Шухт К. Перемены в техническом перевооружении горной промышленности // Глюкауф. — 1989. — № 23/24. — С. 18—22.
34. Шадов М. И., Вилицкий К. Е., Балашевич В. И. Добыча угля открытым способом за рубежом: Обзор / ЦНИИУголь. — М., 1987.
35. Щуцки Ф. Энергоэкономные приводы горных машин, применяемых в угольной промышленности // Mechanizacja i Automatyzacja Górnictwa. — 1986. — № 7—8. — С. 7—10.
36. Эренберг В., Валничек И. Разработка тонких пластов без постоянного присутствия людей // Глюкауф. — 1988. — № 12. — С. 24—29.
37. Ясный В. К. Повышение технического уровня угольных шахт: Обзор / ЦНИИУголь. — М., 1991.
38. Althaus G. Der Britische Bergbau // Bergbau. — 1990. — N 8. — S. 361—366.
39. Anlage geht in Betrieb. Gas aus Kohle // Ruhrkohle. — 1986. — N 9. — P. 2—4.
40. Australian Journal of Mining. — 1987. — N 16. — P. 59—62.
41. Automobile Technik im Steinkohlenbergbau. Essen. Verlag Glückauf, 1986.
42. Automatisierung im Langfrontbau (Каталог фирмы Вестфалия Люнен). 1990.
43. Cox P. V. The application of High Voltage to Longwall Face Equipment // Mintech. — 1989.
44. Czauderma N. Stand und entwicklung der Prozessleittechnik in der RAG // Bergbau. — 1990. — N 3. — S. 43—46.
45. Davies A. W. Einflüsse auf die Arbeitssicherheit im britischen Bergbau in dem 90er Jahren // International Coal Letter. — 1990. — N 6. — P. 6—7.
46. Dorr E. Bericht über das Fördertechnik Seminar 1990 an der Fachhochschule Münster // Glückauf. — 1991. — N 5/6. — S. 214—216.
47. Einführung einer ISDN-Telekommunikationsanlage für den Grubenbetrieb des Steinkohlenbergwerks Auguste Victoria // Glückauf. — 1991. — N 5/6.
48. Entwicklungen aus der Bergtechnik im deutschen Steinkohlenbergbau während der letzten Jahrzehnte // Bergbau. — 1988 (39). — N 8. — S. 348—356.
49. Fördergeräte und Hebezeuge auf der Leipziger Frühjahr-Messe 1987 // Hebezeuge und Fördermittel. — 1987. — N 7. — S. 202—210.
50. Friedrich Y. Optimierung des Einsatzes elektrischer Energie im Bergwerksbetrieb, Essen, 1988.
51. Geisner. Antriebe für Stetigförderer höher Leistung unter Tage // Glückauf. — 1990. — N 5—6. — S. 222—226.
52. Gemarshall. Mine Design Compensation Procedure and Accountancy for Minimising the Surface Effect of Working Coal. Proc. of the 7th International Congress on Mine Surveying. — Leningrad: 1988. — V. IX. — P. 31—43.
53. Gleislofahrzeug für den Materialtransport im Steinkohlenbergbau. Steinkohlenbergbauverein-Kurznachrichten. — Essen. — 1988.
54. Groh H. Schlagwetter- und Explosionsschutz. — Essen, 1986.
55. Günter R. Neuartiger Seilgurttförderer «Omega» // Glückauf-Forschungshefte. — 1991. — N 1. — S. 52—56.
56. Halland C. J. Computer System Control for the Modern Longwall Shield // Mintech. — 1989. — P. 24—27.
57. Herms C. D., Klinge R., Trox U., Weichhold W. Betriebserfahrungen mit elektrohydraulischen Schreitausbausteuerungen // Glückauf. — 1988. — N 18. — S. 17—22.
58. Innovative Stripping Calls on Long-Boom Dragline // Coal Age. — 1987. — N 2. — P. 53—55.
59. Kundel H. Die Strebtechnik im Steinkohlenbergbau im Jahre 1988 // Glückauf. — 1989. — N 15/16. — S. 884—892.
60. Migenda. Hard- und Software für die Automatisierung des Schreitausbaus // Glückauf. — 1990. — N 1/2. — S. 6—11.
61. Mining-85. Conference (Birmingham, UK, 10—12 June, 1985). Mining Productivity Through Reliability and Control, vol. 1, «Technical Papers», 193—201.
62. Mittra D. K. A Novel Microprocessor-Based Integrated Protection System for Mining Type Switchgear // Mining Technology. — 1988. — November. — P. 345—348.
63. Naresh Chandra Saxend, Singh B. Extraction of Coal Seams below Surface Properties. Proc. of the 7th International Congress on Mine Surveying. — Leningrad. — 1988. V. IX. — P. 64—84.
64. Publications techniques des Charbonnages de France // 1988. — N 1, p. 4—7, N 2, p. 33—46.
65. Steinkohlenbergbauverein. Jahresbericht, 1987, 1988, 1989, 1990, 1991.
66. Strickmann G. Prozessleittechnik im deutschen Steinkohlenbergbau. BHM, 135. — 1990. — N 8.
67. Utilization of Low Quality Coal Extends South Africa's Reserves // Mining Magazine. — 1987. — March. — P. 181—183.
68. Yust V. Blindstrom-Kompensationsanlage // Bergbau. — 1990. — N 6. — S. 26—28.
69. Ziegler A. Forschungsschwerpunkte im deutschen Steinkohlenbergbau // Energiewirtschaftliche Tagesfragen. — 1989. — 39. — N 1/2. — S. 12—16.
70. Zupfer H., Groh H. Die schlagwettergeschützte Leitung // Glückauf-Forschungshefte. — 1988 (49). — N 1. — S. 13—18.
71. XIY Congreso mundial de minería. Ensayo general // Rocas y Minerales. — 1990. — N 222. — P. 5—152.

## Оглавление

ВВЕДЕНИЕ	3
ЗАПАСЫ, ДОБЫЧА, ПОТРЕБЛЕНИЕ УГЛЯ	6
ШАХТНЫЙ И КАРЬЕРНЫЙ ФОНД	13
ШАХТНЫЙ ФОНД	13
КАРЬЕРНЫЙ ФОНД	30
ДОБЫЧА УГЛЯ ПОДЗЕМНЫМ СПОСОБОМ	34
ГОРНО-ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫЕ РАБОТЫ	34
Комбайновый способ проведения горных выработок	35
Буровзрывной способ проведения горных выработок	51
Средства механизации крепления подготовительных выработок	63
ОЧИСТНЫЕ РАБОТЫ	68
Механизированная выемка угля на шахтах ФРГ	72
Механизированная выемка угля на шахтах Великобритании	83
Механизированная выемка угля в длинных забоях США	89
Механизированная выемка угля на шахтах Польши	95
Механизированная выемка угля на шахтах ЧСФР	97
Механизированная выемка угля на шахтах КНР	99
Механизированная выемка угля на шахтах Франции	104
Механизированная выемка угля на шахтах Австралии	107
АВТОМАТИЗАЦИЯ РАБОТ В ЛАВЕ	107
Подземный транспорт и шахтный подъем	130
Подземный транспорт	130
Шахтный подъем	146
ДОБЫЧА УГЛЯ ОТКРЫТЫМ СПОСОБОМ	165
ОБОГАЩЕНИЕ УГЛЯ	224
ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ	252
ЭЛЕКТРИФИКАЦИЯ ШАХТ	252
ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТ	270
АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ	272
ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ И ГОРНОСПАСАТЕЛЬНОЕ ДЕЛО	283

ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ	283
ГОРНОСПАСАТЕЛЬНОЕ ДЕЛО	301
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ УГЛЯ	307
ЗАЩИТА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ	318
НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ	361
ОРГАНИЗАЦИЯ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ	362
ОРГАНИЗАЦИИ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИЕ НИОКР	364
ФИНАНСИРОВАНИЕ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ	368
ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ	371
ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЕ	371
РАЗВИТИЕ ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИИ ДОБЫЧИ УГЛЯ	375
Список литературы	385