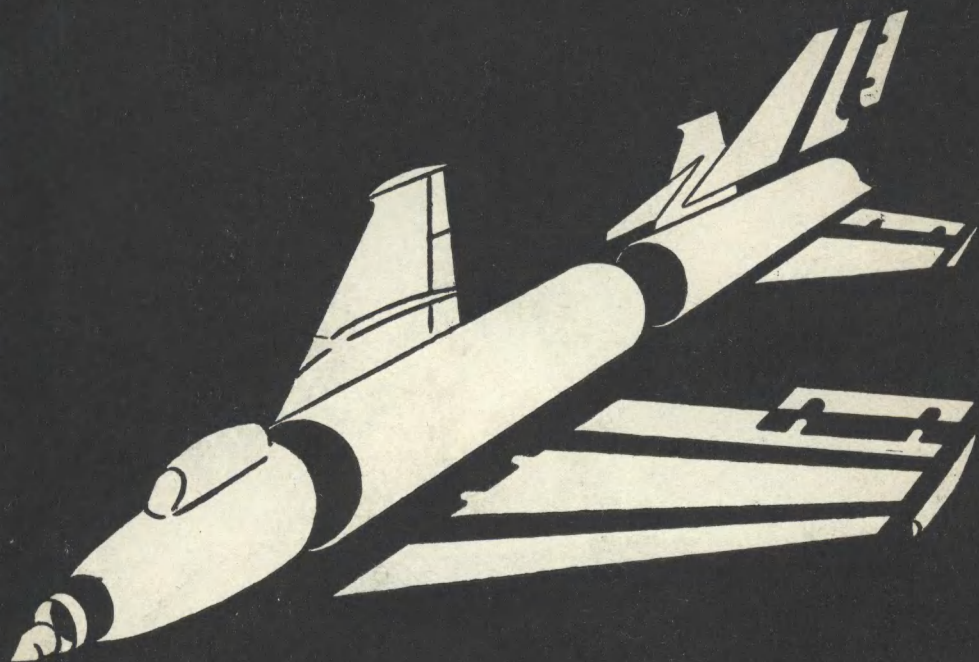




Е. П. ШЕКУНОВ

ОСНОВЫ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО
ЧЛЕНЕНИЯ
КОНСТРУКЦИИ
САМОЛЕТА



Машиностроение · 1968

Е. П. ШЕКУНОВ

ОСНОВЫ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО
ЧЛЕНЕНИЯ
КОНСТРУКЦИИ САМОЛЕТА



ИЗДАТЕЛЬСТВО
«МАШИНОСТРОЕНИЕ»
Москва 1968

В монографии рассматривается важный для самолетостроения вопрос о членении самолетных конструкций.

Исследования по этому вопросу проведены на основе математического анализа изменения величин технико-экономических показателей сборочно-монтажных работ (производительности труда, трудоемкости, производственного цикла, необходимых площадей и рабочих мест, себестоимости) в зависимости от условий их выполнения — в нечленном на панели варианте конструкции агрегатов и секций самолета и при членении их на панели. В работе применен оригинальный метод относительных коэффициентов, позволяющий научно обосновать решение задачи определения оптимального числа панелей при членении конструкций самолета и правильно выбрать схему сборочного процесса.

В результате исследований получены формулы, определяющие значения следующих относительных технико-экономических коэффициентов: повышения производительности труда a_i , сокращения трудоемкости β_i , сокращения производственного цикла λ_i , изменения количества производственных площадей ω_i , изменения количества рабочих мест μ_i и снижения себестоимости θ_i .

Предложенный метод позволяет конструктору еще на стадии эскизного проектирования оценить экономический эффект от применения того или иного варианта членения агрегатов и секций и выбрать вариант, наиболее удовлетворяющий как конструктивным, так и производственным требованиям.

Исследования показали большие экономические выгоды от применения панелирования. Преимущества панелированных конструкций тем выше, чем более совершенна механизация сборочных процессов и чем больший объем монтажных работ выносится на панели.

На основе обобщения практики членения самолетных конструкций даны правила и рекомендации, которые помогут конструкторам проектировать более технологичные конструкции.

Приведенные в книге выводы основаны на опыте проектирования и изготовления самолетов клепаной конструкции. Однако они могут быть использованы для сварных, клеесварных и клееклепаных конструкций при некоторой корректировке величин относительных технико-экономических коэффициентов. Эти вопросы в монографии не рассматриваются.

Книга рекомендуется инженерам-конструкторам и технологам заводов авиационной промышленности, а также она может служить полезным пособием для профессорско-преподавательского состава и студентов авиационных ВУЗов. Табл. 29, иллюстр. 73, и библиогр. назв. 5.

Рецензенты: д-р техн. наук **В. Ф. Болховитинов**,

д-р техн. наук **В. П. Григорьев**

Редакторы: канд. техн. наук **С. В. Елисеев**,

ст. преподаватель МАИ **Е. П. Дмитриева**

ПРЕДИСЛОВИЕ

Монография «Основы технологического членения конструкции самолета» — посмертное издание Евграфа Порфирьевича Шекунова крупнейшего авиационного инженера, проработавшего много лет в авиационной промышленности на руководящих инженерных должностях и бывшего с 1934 г. доцентом кафедры «Технология производства летательных аппаратов» Московского авиационного института.

Особенно много и настойчиво он работал над проблемой повышения производительности труда сборочных и монтажных работ. Анализ факторов производства позволил Е. П. Шекунову уже в 30-х годах установить, что основной причиной низкой производительности труда сборщиков, клепальщиков и монтажников является выполнение сборочных и монтажных процессов в замкнутом агрегате (секции) самолета в стесненных условиях, при отсутствии свободного подхода к месту работы.

Кардинальным решением задачи снижения трудоемкости этих работ должно было явиться, по его мысли, раскрытие замкнутой секции путем разделения ее на части (панели) продольными технологическими разрезами, чтобы создать удобные условия труда.

Это основное положение автору удалось проверить в 1939 г. при проектировании опытного самолета, проходившем под руководством главного конструктора В. М. Мясищева, а затем на модификации серийного самолета Пе-2, выполненной в 1944 г. в том же ОКБ.

Достигнутые результаты по снижению трудоемкости и сокращению производственного цикла превзошли ожидания.

В 1948 г. за научный труд «Метод приближенного определения наивыгоднейшего числа технологических разрезов при эскизном проектировании агрегатов самолета», где был обобщен на-

копленный опыт членения самолетных конструкций, Е. П. Шекунову была присуждена ученая степень кандидата технических наук.

Результатом развития основных положений, сформулированных в указанном выше труде, а также итогом дальнейшей упорной и плодотворной работы Е. П. Шекунова в течение 1948—1958 гг. явилась настоящая монография. Это — первая попытка в советской научной литературе дать основы теории членения самолетных конструкций.

Автор применил оригинальный метод относительных технико-экономических показателей, выражающих отношение трудоемкости, величины цикла сборки, потребных производственных площадей, необходимого количества рабочих мест, себестоимости сборочных работ члененной конструкции изделия к таким же показателям этого изделия в нечлененном варианте, условно принимаемым за единицу измерения. Это позволило ему впервые в технологии самолетостроения применить математический анализ и дать научное обоснование решения задачи о выборе числа панелей при членении секций и агрегатов самолетов клепаной конструкции и о выборе схемы сборки, наиболее отвечающей современному прогрессивному направлению сборочных и монтажных работ.

Разработанный метод дает конструктору возможность еще на стадии эскизного проектирования, когда нельзя определить абсолютных значений указанных выше технико-экономических показателей, оценить величину экономического эффекта от применения той или иной схемы членения конструкции самолета или схемы его сборки по отношению к нечлененной конструкции и выбрать такую из них, которая давала бы оптимальное решение с учетом требований как конструкции, так и производства.

Такой подход позволяет при создании нового самолета с самого начала направить проектирование по такому пути, который обеспечивает получение наиболее технологичной конструкции и, следовательно, лучшие экономические показатели при ее серийном производстве.

Использование для анализа и выводов в качестве единственного эталона сравнения различных вариантов схем членения и сборки агрегатов с нечлененным вариантом оказалось очень удачным и не потеряло своей ценности для самолетостроения до сих пор.

Большое внимание автор монографии уделил технике членения планера самолета на агрегаты и секции, выбору количества и формы поперечных разъемов и технологической оценке конструктивного оформления стыков агрегатов, секций и панелей. В работе дается обобщение практики членения конструкции в виде правил членения, а также рассматриваются требования технологии к конструкции самолета. Излагаемый метод и правила членения явятся ценным пособием для конструкторов и помогут проектированию более технологичных изделий.

Отмечая большое значение труда Е. П. Шекунова, следует вместе с тем указать, что свои выводы он основывает только на самолетах клепаной конструкции. Ему, к сожалению, не удалось распространить свои теоретические положения на другие виды конструкций (клеесварные, монолитные, слойчатые и др.).

В монографии не дано анализа и оценки работ, выполненных в данной области другими авторами и его последователями, как-то: А. И. Банникова «Определение оптимального варианта членения фюзеляжа на панели на основании технико-экономических показателей», и Е. М. Ильина «Влияние панелирования клепаных фюзеляжей на трудоемкость сборочно-монтажных процессов их изготовления» (труды Казанского авиационного института, вып. XXXVIII, 1958 и 52, 1960).

Отдельные выводы в монографии несколько сложны, а принятая индексация показателей в некоторых случаях затрудняет чтение работы читателями, впервые с ней знакомящимися, хотя после ее усвоения дальнейшее изучение изложенного материала не составит труда.

Однако все отмеченное не снижает ценности научной работы Е. П. Шекунова. Она является капитальным вкладом в советскую науку о технологии строительства летательных аппаратов, будет способствовать прогрессу при проектировании самолетных конструкций и послужит основой к выполнению новых исследований по теории членения летательных аппаратов. Автору не удалось при жизни опубликовать свой труд. Подготовка его к печати проведена кафедрой «Технология производства летательных аппаратов» Московского ордена Ленина авиационного института имени Серго Орджоникидзе. Кафедра выражает благодарность доценту С. В. Елисееву и старшему преподавателю Е. П. Дмитриевой, взявшим на себя большой труд по доработке отдельных глав, научному редактированию и подготовке к печати данной работы.

Теоретическая часть рукописи подготовлена С. В. Елисеевым, а расчеты, таблицы и графики — Е. П. Дмитриевой.

Кафедра будет признательна читателям за все замечания по этой монографии, за предложения по ее внедрению в практику работы ОКБ и пожелания по дальнейшей разработке выдвинутых в ней положений.

Зав. кафедрой «Технология производства
летательных аппаратов» МАИ
проф. *А. Л. Абибов*

ВВЕДЕНИЕ

„Производительность труда, это, в последнем счете, самое важное, самое главное для победы нового общественного строя“

Ленин, т. 29, стр. 394

Удельный вес сборочных и монтажных работ в общей трудоемкости изготовления самолетов весьма велик. Поэтому повышение производительности труда на этих работах имеет особо важное значение при решении общей задачи по снижению трудоемкости изделий, выпускаемых самолетостроительными заводами.

Сборочные и монтажные работы до сих пор в основном выполняются вручную, несмотря на серьезные усилия, предпринятые за последние десять-пятнадцать лет в области их механизации (имеется в виду производство самолетов клепаной конструкции). Если же возвратиться на двадцать-двадцать пять лет назад, когда и было положено начало настоящей работе, то сборка и монтаж были чисто ручными работами, так как производились в замкнутых агрегатах или секциях, не члененных на панели.

Производительность труда рабочих, выполняющих сборочные и монтажные работы в условиях агрегата (секции), зависит от ряда причин, учесть которые необычайно трудно. Пози работающего, размеры агрегата, внутри которого происходит работа, условия освещенности и доступности места работы в той или иной мере влияют на производительность труда (рис. 1).

За время долголетней работы по руководству серийным производством самолетов автор убедился в необходимости ряда мер, способных коренным образом повлиять на сокращение огромной доли сборочных и монтажных работ в общей трудоемкости производства самолета.

После долгих поисков автор пришел к заключению, что если раскрыть агрегат или секцию и производить их сборку из предварительно собранных панелей, то можно значительно улучшить условия труда, сократить трудоемкость работ и благодаря этому повысить производительность труда.

Для осуществления этой идеи в 1939 г. автором под руководством главного конструктора В. М. Мясищева были разработаны технологические разрезы для конструкции одного из опытных самолетов.

Было решено после разделения агрегатов самолета (фюзеляжа, крыла, центроплана) на секции и сами секции членить на ряд панелей продольными технологическими разрезами. При этом проводилась одна мысль — добиться, чтобы работа сборщика-клепальщика и монтажника происходила на открытой части конструкции агрегата (рис. 2).



Рис. 1. Выполнение монтажных работ в условиях нечлененной кабины летчика

Конструкторский коллектив опытно-конструкторского бюро совместно с технологами успешно решил поставленную задачу. Была создана конструкция опытного самолета, члененного не только на секции, но и на панели.

Этот первый опыт дал следующие результаты:

а) удалось создать члененную конструкцию самолета, отвечающую всем требованиям эксплуатации и обеспечившую значительные удобства для работы сборщиков и монтажников. Определить относительное снижение трудоемкости сборочных и монтажных работ оказалось невозможным, так как не с чем было провести сравнение;

б) продольные технологические разрезы удалось спроектировать и изготовить, почти не прибавляя веса конструкции и не увеличивая лобового сопротивления;

в) изготовленные отдельно половинки агрегатов (панели) оказались достаточно жесткими, чтобы обеспечить на них монтаж внутренних систем и оборудования и в дальнейшем они стыковались без всяких затруднений при сборке из них агрегатов (секций);

г) собранная из четырех отдельных узлов (левая и правая панели, носовой фонарь и днище) герметическая кабина удовлетворяла требованиям эксплуатации;

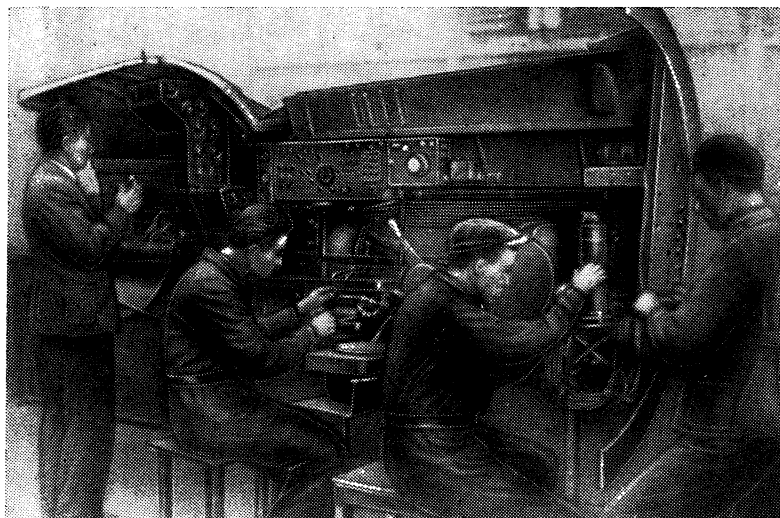


Рис. 2. Выполнение монтажных работ на боковой панели кабины летчика

д) расширился фронт как конструкторских работ, так и работ по изготовлению самолета в производстве;

е) значительно упростилась сборочная оснастка.

Экономический эффект от членения самолетной конструкции удалось проверить в 1944 г. на модификации самолета Пе-2, спроектированного в члененном варианте в ОКБ В. М. Мясищева и выпускавшегося до этого серийно в течение ряда лет в нечлененном виде.

Модифицированный самолет, сохраняя все главные размеры одинаковыми с серийным самолетом, имел кабину летчика и хвостовую часть фюзеляжа члененной конструкции (рис. 3).

Члененный вариант самолета Пе-2 строился в опытном цехе и к тому же впервые, а нечлененный вариант выполнялся в условиях налаженного серийного производства при жестких нормах рабочими, специализировавшимися на сравнительно узком круге

операций. Тем разительнее оказался экономический эффект, полученный при сравнении некоторых показателей даже при указанных выше условиях производства того и другого варианта.

Нечлененный вариант, выпускаемый серийно	Члененный вариант, выпускаемый опытным производством
---	--

I. Кабина летчика (Ф-1)

1. Полная трудоемкость

$$T_n = 202 \text{ чел.-час}$$

2. Цикл сборки и монтажа

$$U_n = 80 \text{ час}$$

1. Полная трудоемкость

$$T_p = 157 \text{ чел.-час}$$

2. Цикл сборки и монтажа

$$U_p = 20,6 \text{ час}$$

Отношение циклов сборки

$$\frac{U_n}{U_p} = \frac{80}{20,6} = 3,87,$$

т. е. цикл сократился почти в четыре раза.

Отношение трудоемкостей

$$\frac{T_p}{T_n} = \frac{157}{202} = 0,78,$$

т. е. трудоемкость сократилась на 22%

II. Хвостовая часть фюзеляжа (Ф-3)

1. Полная трудоемкость

$$T_n = 250 \text{ чел.-час}$$

2. Цикл сборки и монтажа

$$U_n = 63,8 \text{ час}$$

1. Полная трудоемкость

$$T_p = 167,5 \text{ чел.-час}$$

2. Цикл сборки и монтажа

$$U_p = 21,0 \text{ час}$$

Отношение циклов сборки

$$\frac{U_n}{U_p} = \frac{63,8}{21} = 3,03,$$

т. е. цикл сократился более, чем в три раза.

Отношение трудоемкостей

$$\frac{T_p}{T_n} = \frac{167,5}{250} = 0,67,$$

т. е. трудоемкость сократилась на 33%

Из сравнения этих показателей видны все преимущества члененной конструкции.

Анализ причин, влияющих на улучшение всех показателей производства при изготовлении члененных конструкций по срав-

нению с нечлененными, показал, что имеются весьма сложные зависимости повышения производительности труда, сокращения производственного цикла и снижения трудоемкости от различных факторов, определяющих условия труда сборщика и монтажника.

Но было ясно, что основной причиной улучшения всех технико-экономических показателей производства явилось изменение в подходе к проектированию конструкции агрегатов самолета, т. е. введение панелирования, что резко улучшило условия труда, а в дальнейшем позволило начать широкое внедрение механизации клепальных работ.

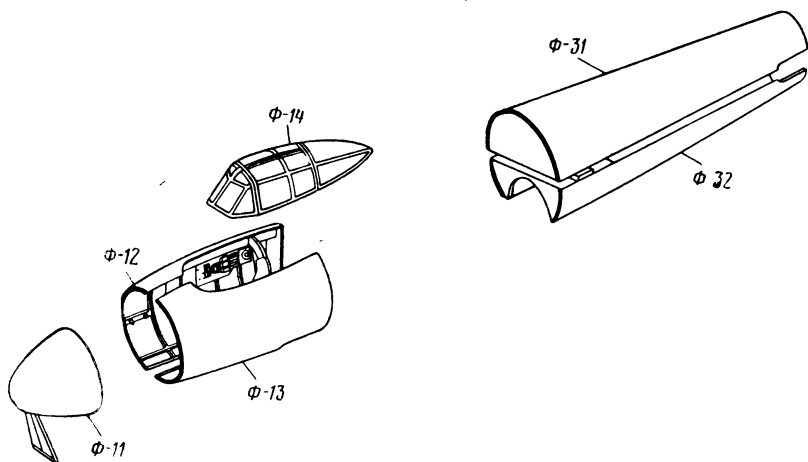


Рис. 3. Кабина и хвостовая секция самолета Пе-2, члененные на панели

В то же время этот опыт показал, что членение конструкций самолета и технологические разрезы следует намечать в самом начале проектирования, т. е. при разработке эскизного проекта.

Объясняется это тем, что после составления эскизного проекта, а особенно уже при внедрении опытного самолета в серийное производство производить членение его агрегатов на секции и панели (если в процессе серийного производства появится в этом необходимость) весьма затруднительно, ибо это будет неминуемо связано с перекомпоновкой оборудования и каркаса самолета нечлененной конструкции. При этом неизбежны значительные задержки внедрения в производство новой конструкции, неоправданно увеличатся затраты на конструирование и, что самое главное, не имеется возможности осуществить технологические разрезы наиболее рациональным способом. Это подтвердил опыт проектирования модификации самолета Пе-2 в члененном варианте.

Дать конструкторам такие методы расчета и оценки правильности принятых ими решений по членению конструкций агрегатов самолета и определению получаемых выгод, которые они могут применить еще в процессе эскизного проектирования, — такую задачу поставил перед собой автор, приступая к разработке основных теоретических положений по членению самолетных конструкций, направленных на определение числа разрезов в процессе разработки эскизного проекта самолета, когда кроме его основных геометрических параметров и назначения отдельных отсеков конструкции еще ничего нет.



ОСНОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

Конструктивные параметры

- D — диаметр секции в m ;
 $d_{\text{зак}}$ — диаметр заклепки в mm ;
 $L_c(\Pi)$ — длина секции (панели) в m ;
 f — глубина панели в m ;
 b — ширина панели (высота) в m ;
 m — число панелей в секции;
 z — число заклепок (отверстий).

Относительные коэффициенты

- β_i — относительный коэффициент изменения трудоемкости;
 γ_i — относительный коэффициент фронта работ;
 λ_i — относительный коэффициент сокращения цикла сборки секции нечлененной конструкции по сравнению с циклом сборки члененной конструкции;
 μ_i — относительный коэффициент изменения числа рабочих мест при сборке нечлененной секции по сравнению с числом рабочих мест при сборке члененной секции;
 ω_i — относительный коэффициент изменения производственной площади для сборки нечлененной конструкции по сравнению с площадью для сборки члененной конструкции;
 δ — доля трудоемкости клепально-сборочных работ во всей трудоемкости какой-либо сборочной единицы;
 ξ — доля трудоемкости монтажных работ во всей трудоемкости какой-либо сборочной единицы;
 ψ — доля трудоемкости стыковочных работ, выполняемых при сборке члененной конструкции в условиях секции, во всей трудоемкости сборки нечлененной конструкции;
 η — коэффициент использования рабочего места;
 ε_i — относительный коэффициент рабочего места, определяемый как отношение площади любого рабочего места к площади рабочего места сборки нечлененной секции;
 θ_i — относительный коэффициент изменения цеховой себестоимости секции нечлененной конструкции по сравнению с цеховой себестоимостью члененной секции;
 K — относительная трудоемкость клепки стыковочных швов при сборке секции из панелей по сравнению с трудоемкостью всех клепальных работ нечлененной секции.

Остальные обозначения

- a — относительный коэффициент изменения производительности труда какого-либо процесса;
 t — норма времени;
 T — полная трудоемкость изделия, выраженная в чел.-час;
 Π — полный цикл изготовления изделия;

P — среднее число одновременно занятых рабочих;
 N — размер выпуска изделий (программа) в определенный срок (год, месяц, смена и т. д.);
 F — величина фонда рабочего времени в час;
 F — производственная площадь;
 M — число рабочих мест на заданную программу N ;
 S — площадь одного рабочего места;
 C — полная себестоимость изделия;
 Z — зарплата;
 H — накладные расходы;
 τ — относительный коэффициент частной трудоемкости работы.

Индексы

n — нечлененная конструкция;
 p — члененная конструкция;
 $п$ — панель;
 $с$ — секция;
 $м$ — материал;
 $пр$ — прессовая клепка;
 $ч$ — час;
 $кл$ — клепальные ручные работы;
 $мн$ — монтажные работы;
 $стр$ — стрингеры;
 $шп$ — шпангоуты;
 $зак$ — заклепки;
 $нак$ — накладка;
 $пред$ — предельный;
 $пд$ — подготовка;
 $о$ — общее;
 $ср$ — среднее;
 $кр$ — крыло;
 $авт$ — автомат, пресс-комбайн и автоматическая клепка;
 $ст$ — стыковочные работы;
 $мех$ — механическая подготовка отверстия;
 $прс$ — пресс.

Глава I

ОБЩИЕ ВОПРОСЫ ТЕОРИИ ЧЛЕНЕНИЯ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

§ 1. НАПРАВЛЕННОСТЬ ПРОЦЕССОВ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Проектирование конструкции самолета и проектирование технологического процесса сборки самолета ведется в направлении, обратном изготовлению самого самолета. Это положение можно иллюстрировать схемой, приведенной в табл. 1.

Таблица 1

Производство самолетов	Проектирование технологического процесса	Проектирование конструкции самолета
Деталь ↓ Самолет	Деталь ↑ Самолет	Деталь ↑ Самолет

Столь большое расхождение в направленности работ производства, проектирования конструкции и технологии объясняется самым существом работы по проектированию и производству.

Для того чтобы изготовить самолет, нужно прежде всего изготовить детали, а затем уже собрать из этих деталей самолет. Таким образом, процесс изготовления самолета протекает от детали к самолету.

При проектировании же для определения всех исходных данных (геометрических размеров, прочности, материалов и веса) нужно знать общие итоговые данные по самолету в целом и затем уже на основе общих требований определить частные требования к каждому агрегату, к каждой секции и панели, к каждому узлу и детали.

После установления общей последовательности работ на производстве необходимо установить границы выполнения этих работ по времени и месту, исходя из условий сборки самолета с тем, чтобы все детали пришли на сборку во-время и такого качества,

какое требуется. Поэтому проектирование конструкции, разработка технологии изготовления и планирование производства должны развертываться от общего (от самолета) к частному (к детали), в то время как изготовление развертывается от реальной детали к реальному самолету.

§ 2. РАБОЧИЙ И ДИРЕКТИВНЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ

Рассматривая содержание и порядок выполнения работ по проектированию технологических процессов сборки, можно различить два случая разработки технологических процессов.

Первый случай относится к внедрению в серийное производство нового, принятого на снабжение изделия. Разрабатываемый при этом технологический процесс будем называть в дальнейшем **рабочим технологическим процессом**.

Второй случай соответствует разработке технологического процесса сборки во время эскизного проектирования конструкции самолета.

Разрабатываемый при этом технологический процесс будем называть **директивным технологическим процессом**.

Рассмотрим каждый из этих случаев.

Первый случай — разработка рабочего технологического процесса сборки при внедрении в серийное производство нового объекта. В распоряжении технологического аппарата при этом имеются: готовый опытный самолет, полный комплект чертежей конструкции изделия, спецификация материалов, из которых изготавливается изделие, а также комплект технических требований.

Членение конструкции на сборочные единицы уже произведено и учтено в чертежах. Вид соединений деталей и сборочных единиц между собой также определен и отражен в чертежах.

Известна также производственная характеристика завода, на котором предполагается серийное изготовление нового изделия.

Задача разработки технологического процесса решается в условиях точного выполнения всех предписанных чертежами конструкции требований, так как геометрические размеры изделия заранее определены как для деталей, так и для любой сборочной единицы.

По существующему положению изменение конструкции без ведома главного конструктора (или соответствующих звеньев конструкторского аппарата) не разрешается. Нарушение чертежа вызывает переделку конструкции, что может надолго отложить начало практического внедрения нового самолета в серийное производство. Поэтому возможность внесения изменений в конструкцию крайне ограничена и сами изменения имеют характер незначительных переделок.

На этом же основании создание новых сборочных единиц в процессе разработки рабочего технологического процесса сбор-

ки почти исключено, так как требует, как правило, дополнительных работ по увязке конструкции.

Следовательно, при разработке процесса сборки готовой конструкции самолета технолог может использовать только те сборочные единицы, которые предусмотрены конструкцией изделия. Например, если панели предусмотрены конструкцией, то технолог может их использовать.

Методы сборки, методы базирования деталей и узлов также предопределяются конструкцией стыков, сопряжений и видом соединения. Поэтому технолог может применять только те методы и приемы сборочных работ, какие были предусмотрены при проектировании конструкции. Например, из-за непригодности конструкции бывает невозможно применить прессовую клепку вместо пневмолучной.

Творческая работа технолога может в этих условиях проявиться, в основном, только в выборе наиболее прогрессивных технологических процессов изготовления отдельных деталей без изменения существа обработки, например, заменить заготовку-поковку на заготовку-штамповку, заменить нарезание резьбы — накаткой резьбы, заменить обработку детали на revolverном станке — обработкой на автомате и т. п.

Такая разработка технологического процесса влияет на экономику изготовления изделия в целом и поэтому полезна и необходима, но она не дает возможности в полной мере использовать все возможности современных прогрессивных методов и приемов сборочных процессов.

Технолог при разработке рабочего технологического процесса практически лишен возможности влиять на решение вопросов членения самолета на сборочные единицы, на выбор схем сборки как самолета, так и всех сборочных единиц, на установление метода сборки и выбор базирующих поверхностей, а также на выбор способа соединения деталей, так как все эти вопросы были уже решены и эти решения заложены в чертеже еще при проектировании самолета. Таким образом, технология в этом случае почти полностью подчинена конструкции и поэтому, в основном, пассивна.

Второй случай — разработка директивного технологического процесса во время эскизного проектирования конструкции самолета.

В процессе эскизного проектирования вопросы членения самолета на сборочные единицы, выбор конструктивных решений по разъемам между агрегатами и стыков между секциями и панелями, выбор схем сборки агрегатов, секций, узлов и панелей, выбор методов базирования и базирующих сборочных поверхностей, выбор способов соединений и т. п. могут быть решены конструкторами и технологами совместно и достаточно полно разработаны с учетом требований технологии, производства и экономики. Все эти технологические вопросы могут быть своевременно учте-

ны и согласованы с конструктивными требованиями и решениями, так как в это время есть только принципиальные решения главного конструктора и выбраны некоторые основные конструктивные параметры нового самолета.

Технологические требования в этом случае не только не вызовут ненужных переделок, так как еще нечего переделывать, но даже лягут в основу конструктивных решений и тем самым определяют в дальнейшем и рабочий технологический процесс. Тогда при внедрении в серийное производство нового самолета не возникнут противоречия между конструкцией и технологией, а технологические решения окажутся наиболее экономически целесообразными.

Разработка вышеуказанных вопросов явится основой содержания работ по составлению директивного технологического процесса. Технологические требования, своевременно предъявленные при эскизном проектировании самолета, могут активно повлиять на отдельные конструктивные решения и позволят использовать при изготовлении деталей, узлов, панелей агрегатов и всего самолета в целом наиболее производительные процессы и способы производства.

Имеющееся в некоторых источниках * толкование директивной технологии, как начальной стадии подготовки производства на серийном заводе при внедрении нового изделия не отражает сущности директивного технологического процесса. Следует еще раз подчеркнуть, что директивная технология возникает при проектировании нового самолета в опытно-конструкторском бюро (ОКБ) и не только устанавливает технологические требования к его конструкции, но и определяет принципиальное направление технологической подготовки серийного производства.

Благодаря этому осуществляется органическая связь ОКБ с серийным заводом и обеспечивается возможность начать подготовку серийного производства параллельно с проектированием и изготовлением опытного самолета, что приводит к сокращению сроков его внедрения в серию.

В этом случае конструктор и технолог совместно решают (каждый по своей части) контуры будущего самолета, т. е. технолог становится не исполнителем, а активным соавтором конструкции.

§ 3. МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЧЛЕНЕНИЯ КОНСТРУКЦИИ АГРЕГАТОВ САМОЛЕТА

Как было выяснено выше, членение конструкции агрегата самолета на сборочные единицы (секции, панели и узлы) создает условия для высокопроизводительного труда при их сборке. Од-

* В. М. Тихомиров, Организация и планирование самолетостроительного предприятия, Оборонгиз, 1957, стр. 256.

нако очень важно знать заранее еще при выделении сборочных единиц в опытно-конструкторском бюро, как такие сборочные единицы повлияют на течение процессов сборки в производстве и выбрать наиболее выгодное членение конструкции на секции и панели.

Эффективность членения конструкции самолета на сборочные единицы может быть оценена по изменению ряда технико-экономических показателей сборочного процесса: полной трудоемкости процесса сборки T , величины полного цикла Π , числа рабочих мест M и величины производственной площади F , необходимых для выполнения заданной программы выпуска самолета N , полной себестоимости изделия C .

Трудоемкость играет решающую роль при определении всех остальных величин производственных показателей сборочного процесса.

Рассмотрим их взаимную связь:

а) цикл сборки

$$\Pi = T/P, \quad (1)$$

где P — среднее число одновременно работающих на сборке исполнителей;

б) число рабочих мест

$$M = \frac{N \cdot \Pi}{\Phi} = \frac{N \cdot T}{\Phi \cdot P}, \quad (2)$$

где Φ — фонд рабочего времени;

в) необходимая производственная площадь

$$F = M \cdot S = \frac{N \cdot T}{\Phi \cdot P} \cdot S, \quad (3)$$

где S — площадь одного рабочего места;

г) полная себестоимость

$$C = C_m + Z + H = C_m + T \cdot C_{\text{ч}} + H, \quad (4)$$

где C_m — стоимость материалов;

Z — зарплата производственных рабочих;

$C_{\text{ч}}$ — средняя стоимость рабочего часа;

H — накладные расходы.

Как видно из приведенных соотношений, для определения любого из технико-экономических показателей (Π , M , F и C) необходимо обязательно знать трудоемкость.

Однако определить абсолютную трудоемкость производства данного самолета, а следовательно, и всех остальных производственных показателей на основе эскизного проекта невозможно. Поэтому для оценки процессов сборки используем систему относительных показателей, выражающих отношение абсолютных

техничко-экономических показателей, характеризующих данный сборочный процесс, и абсолютных показателей некоего сборочного процесса, принятого за единицу (за эталон).

В качестве эталонного процесса, величины всех показателей которого будем полагать единичными показателями, примем процесс сборки нечлененной секции.

Если соответствующие показатели сборочного процесса нечлененной секции обозначим следующим образом:

трудоемкость — T_n ,

цикл сборки — U_n ,

количество рабочих мест сборки секции — M_n ,

величину необходимой производственной площади — F_n ,

себестоимость сборочных работ — C_n ,

а аналогичные показатели для сборочных процессов секции члененной конструкции обозначим соответственно через T_p , U_p , M_p , F_p и C_p , то величины относительных технико-экономических показателей можно представить в виде следующих коэффициентов:

а) относительный коэффициент изменения трудоемкости сборки секции

$$\beta_i = \frac{T_p}{T_n}, \quad (5)$$

б) относительный коэффициент сокращения цикла сборки секции

$$\lambda_i = \frac{U_n}{U_p}, \quad (6)$$

в) относительный коэффициент изменения трудоемкости работ, выполняемых в условиях секции при сборке секции из панелей:

$$\psi_i = \frac{T_c^*}{T_n}, \quad (7)$$

г) относительный коэффициент цикла тех же работ

$$\phi_i = \frac{U_c^*}{U_n}, \quad (8)$$

д) относительный коэффициент изменения числа рабочих мест

$$\mu_i = \frac{M_n}{M_p}, \quad (9)$$

е) относительный коэффициент изменения величины производственной площади

$$\omega_i = \frac{F_n}{F_p}, \quad (10)$$

* Равенство $\frac{T_c}{T_n} = \frac{U_c}{U_n}$ будет доказано в § 20.

ж) относительный коэффициент изменения себестоимости сборочных работ секции

$$\theta_i = \frac{C_n}{C_p}. \quad (11)$$

Исследования взаимной связи и зависимостей производственных показателей сборочных процессов от конструктивных параметров секции, от числа и размеров панелей, а также от принятой последовательности выполнения сборочных работ (от схем сборки) будут проводиться на основе изучения изменений величин относительных технико-экономических коэффициентов и составят теоретические основы членения самолетных конструкций.

Сравнение относительных технико-экономических показателей различных сборочных процессов дает возможность относительной оценки выгодности того или иного процесса на стадии эскизного проектирования самолета и тем самым экономически обосновать выбор конструктивного решения.

§ 4. ГРАНИЧНЫЕ УСЛОВИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ИЗМЕНЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СБОРОЧНЫХ ПРОЦЕССОВ

В целях исключения влияния на теоретический анализ сборочного технологического процесса незакономерных явлений производственной жизни завода и достижения сравнимости полученных результатов все исследования будут производиться при следующих специально налагаемых условиях:

а) программа выпуска самолета N и фонд времени рабочего исполнителя и рабочего места Φ для всех сравниваемых схем процесса принимаются одинаковыми;

б) использование производственных ресурсов предполагается наибольшим для сравниваемых процессов. Например, число одновременно работающих всегда принимается максимально большим;

в) распределение трудоемкости по каждой данной секции фюзеляжа при любой схеме сборки принимается одинаковым;

г) производственные потери, происходящие от нечеткости организации производства, не учитываются.

С этой же целью во всех числовых примерах конструктивные параметры секции фюзеляжа на всем протяжении исследования задаются постоянными (табл. 2), а соотношение трудоемкостей сборочно-клепальных ($T_{н.кл}$) и монтажных работ ($T_{н.мн}$) во всех случаях принимаются соответственно равными:

$$T_{н.кл} = \delta \cdot T_n = 0,6 T_n, \quad (12)$$

$$T_{н.мн} = \xi \cdot T_n = 0,4 T_n, \quad (13)$$

где δ — доля трудоемкости сборочных работ в общей трудоемкости;

ξ — доля трудоемкости монтажных работ в общей трудоемкости.

Таблица 2

Наименование параметров	Обозначение параметров секции	Диаметр секции в м				
		0,5	1	2	3	4
Длина обвода шпангоута в м	πD	1,57	3,14	6,28	9,42	12,56
Число стрингеров	$n_{\text{стр}}$	20	31	46	52	57
Расстояние между стрингерами в м	$l_{\text{стр}}$	0,08	0,10	0,14	0,18	0,22
Расстояние между шпангоутами в м	$l_{\text{шп}}$	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35
Длина стрингера в м	$L_{\text{стр}}$	2,0	4,0	8,0	12,0	16,0
Диаметр стержня заклепки в мм	$d_{\text{зак}}$	3	3	4	5	6
Шаг заклепок в м	$Ш$	0,0175	0,0175	0,035	0,050	0,060
Число шпангоутов	$n_{\text{шп}}$	10	20	32	40	46
Число заклепок по стыку шпангоутов (по накладкам)	$z_{\text{нак}}$	4	6	10	12	14

Конструкция изделия, технология и организация производственного процесса сборки являются главными факторами, влияющими на величины технико-экономических показателей. С целью сравнения показателей производства следует при исследовании закономерностей их изменения в зависимости от указанных факторов выбирать такие схемы сборочных и монтажных работ, которые были бы наиболее характерными для самолетостроения.

Опыт производства самолетов клепаной конструкции позволяет свести все многообразие схем сборки к нескольким типичным схемам, представленным на рис. 4.

Схема Н отражает сборку непанелированной секции клепаной конструкции. Весь процесс сборочно-монтажных работ такой секции может быть представлен в виде суммы последовательно выполненных этапов сборки и монтажа. Трудоемкость $T_{\text{н}}$ и цикл $U_{\text{н}}$ сборки непанелированной секции равны сумме трудоемкости $T_{\text{н.кл}}$ и цикла $U_{\text{н.кл}}$ сборочно-клепальных работ и трудоемкости $T_{\text{н.мн}}$ и цикла $U_{\text{н.мн}}$ монтажных работ в собранной секции:

$$T_{\text{н}} = T_{\text{н.кл}} + T_{\text{н.мн}}, \quad (14)$$

$$U_{\text{н}} = U_{\text{н.кл}} + U_{\text{н.мн}}. \quad (14')$$

Остальные шесть схем отражают типовые, практически мыслимые схемы сборочно-монтажных процессов секции панелированной конструкции.

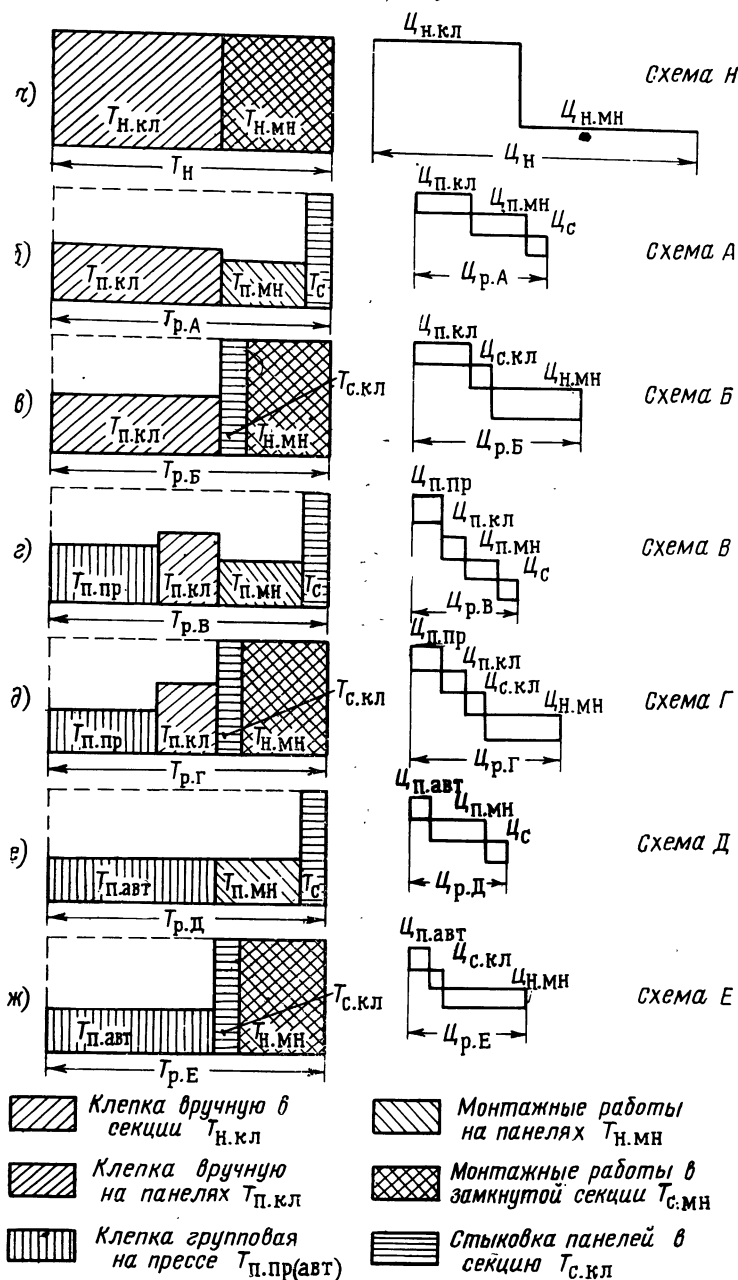


Рис. 4. Типовые схемы сборочно-монтажных работ и соответствующие им трудоемкости и циклы.

Трудоемкости T_n , $T_{р.А}$, $T_{р.Б}$, $T_{р.В}$, $T_{р.Г}$, $T_{р.Д}$, $T_{р.Е}$ соответствуют сумме всех заштрихованных площадей каждой схемы сборки

Схема А отражает процесс сборки и монтажа, когда на первом этапе производится параллельно сборка и пневморучная клепка всех панелей m , на которые членена секция, а затем также на панелях выполняются все монтажные работы и только после этого панели стыкуются между собой в замкнутую секцию.

Трудоемкость сборки по схеме А можно выразить суммой:

$$T_{р.А} = T_{п.кл} + T_{п.мн} + T_c \quad (15)$$

и соответственно цикл сборки

$$Ц_{р.А} = Ц_{п.кл} + Ц_{п.мн} + Ц_c, \quad (15')$$

где $T_{п.кл}$ и $Ц_{п.кл}$ — трудоемкость и цикл сборочно-клепальных работ одной наибольшей по трудоемкости панели;

$T_{п.мн}$ и $Ц_{п.мн}$ — трудоемкость и цикл монтажных работ на одной панели;

T_c^* и $Ц_c^*$ — трудоемкость и цикл клепальных и монтажных работ, выполняемых при сборке секции из панелей.

Схема Б также соответствует процессу сборки панелей с применением клепки пневмо-ручным инструментом, но монтажные работы полностью перенесены в секцию и производятся после сборки ее из панелей. Такая схема, несмотря на ее явную неэкономичность, как это позднее будет показано, все же еще находит применение в промышленности.

Величины трудоемкости $T_{р.Б}$ и цикла $Ц_{р.Б}$ по схеме Б

$$T_{р.Б} = T_{п.кл} + T_{с.кл} + T_{с.мн}, \quad (16)$$

$$Ц_{р.Б} = Ц_{п.кл} + Ц_{с.кл} + Ц_{с.мн}, \quad (16')$$

где значения $T_{с.кл}$ и $Ц_{с.кл}$ соответствуют трудоемкости и циклу работ по стыковке панелей в секцию, а $T_{п.мн}$ и $Ц_{п.мн}$ — трудоемкости и циклу всего объема монтажных работ, выполняемых в условиях секции.

Схема В — отличается от схемы А только применением пресовой групповой клепки при соединении обшивки со стрингерами. Все остальные клепальные работы производятся вручную.

Трудоемкость $T_{р.В}$ и цикл сборки $Ц_{р.В}$ соответственно равны:

$$T_{р.В} = T_{п.пр} + T_{п.кл} + T_{п.мн} + T_c, \quad (17)$$

$$Ц_{р.В} = Ц_{п.пр} + Ц_{п.кл} + Ц_{п.мн} + Ц_c, \quad (17')$$

где $T_{п.пр}$ и $Ц_{п.пр}$ — трудоемкость и цикл подготовки отверстий под клепку и склепывание на прессе стрингеров.

* Значения величин T_c и $Ц_c$ пояснены на стр. 70.

Схема Г предполагает, в отличие от схемы В, выполнение монтажных работ не на панелях, а в собранной из панелей секции. Трудоемкость и цикл сборки могут быть представлены в следующем виде:

$$T_{p.Г} = T_{п.пр} + T_{п.кл} + T_{с.кл} + T_{н.мн}, \quad (18)$$

$$U_{p.Г} = U_{п.пр} + U_{п.кл} + U_{с.кл} + U_{н.мн}. \quad (18')$$

Схема Д отражает процесс сборки, при котором предполагается максимально мыслимая механизация клепки на прессах-комбайнах (автоматах) с полной механизацией подготовки отверстий под клепку и расклепывание заклепок несколькими сверлильно-зенковально-клепальными головками. Таких прессов и сверлильно-зенковальных станков еще нет, но они обязательно будут созданы в недалеком будущем, если сохранится сам процесс клепки. Монтажные работы выполняются на панелях. Тогда трудоемкость и цикл процесса по схеме Д будут равны:

$$T_{p.Д} = T_{п.авт} + T_{п.мн} + T_{с.}, \quad (19)$$

$$U_{p.Д} = U_{п.авт} + U_{п.мн} + U_{с.} \quad (19')$$

Схема Е получается из схемы Д, если монтажные работы производить по каким-либо причинам не на панелях, а в секциях.

Трудоемкость и цикл будут равны:

$$T_{p.Е} = T_{п.авт} + T_{с.кл} + T_{н.мн}, \quad (20)$$

$$U_{p.Е} = U_{п.авт} + U_{с.кл} + U_{н.мн}. \quad (20')$$

Все исследования будут проведены только по отношению этих схем сборки.

§ 5. НЕКОТОРЫЕ СВОЙСТВА ОТНОСИТЕЛЬНЫХ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

Технико-экономические показатели чаще всего имеют вид суммы нескольких слагаемых, каждое из которых может под воздействием тех или иных факторов изменяться.

Отношение технико-экономических показателей при одной и при другой величине факторов, определяющих некоторые их значения, обладают важными для нашего исследования свойствами.

Напишем их первое свойство.

Отношение двух неизвестных величин, из которых каждая представлена в виде многочлена, может быть найдено, если будет известно, какую часть многочлена составляет каждый его член и как на величину каждого члена этих двух многочленов влияют определенные факторы.

Пусть требуется сравнить величины трудоемкостей T_p и T_n , т. е. найти величину их отношения: T_p/T_n .

Общая трудоемкость сборки секции T_p и T_n складывается из трудоемкости различного вида работ, что можно представить следующим образом:

$$T_n = T_{n1} + T_{n2} + T_{n3} + \dots + T_{nn}, \quad (21)$$

$$T_p = T_{p1} + T_{p2} + T_{p3} + \dots + T_{pn}. \quad (22)$$

Если нам известно, что

$$T_{n1} = A_1 T_n, \quad T_{n2} = A_2 T_n, \quad T_{n3} = A_3 T_n \dots, \quad T_{nn} = A_n T_n,$$

$$T_{p1} = \frac{A_1 \cdot T_n}{a_1}, \quad T_{p2} = \frac{A_2 \cdot T_n}{a_2},$$

$$T_{p3} = \frac{A_3 \cdot T_n}{a_3} \dots, \quad T_{pn} = \frac{A_n \cdot T_n}{a_n},$$

где $A_1, A_2, A_3 \dots A_n$ и $a_1, a_2, a_3, \dots a_n$ — наперед заданные величины, тогда можно написать:

$$T_n = (A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_n) T_n \quad (23)$$

и
$$T_p = \left(\frac{A_1}{a_1} + \frac{A_2}{a_2} + \frac{A_3}{a_3} + \dots + \frac{A_n}{a_n} \right) T_n. \quad (24)$$

Отношение этих величин равно:

$$\frac{T_p}{T_n} = \frac{\frac{A_1}{a_1} + \frac{A_2}{a_2} + \frac{A_3}{a_3} + \dots + \frac{A_n}{a_n}}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_n}.$$

Так как абсолютные значения $A_1, A_2, A_3 \dots A_n$ и $a_1, a_2, a_3 \dots a_n$ нам заданы, то вполне определенно и отношение T_p/T_n .

Что же касается суммы $A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_n$, то, как это видно из уравнения (23), она всегда равна единице, т. е.

$$A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_n = 1,$$

тогда
$$\frac{T_p}{T_n} = \frac{A_1}{a_1} + \frac{A_2}{a_2} + \frac{A_3}{a_3} + \dots + \frac{A_n}{a_n}. \quad (25)$$

Следовательно, отношение двух неизвестных величин мы заменили суммой отношений известных величин и хотя при этом, конечно, не получили абсолютных значений сравниваемых величин, но определили величину их отношения, т. е. узнали, во сколько раз одна величина больше или меньше другой.

Второе свойство.

Величина изменения суммы будет больше, чем больше по своей относительной величине каждое изменяющееся слагаемое и чем больше сама величина его изменения.

Для доказательства этого возьмем сумму некоторых величин, равную единице $v+u=1$. Пусть одно из слагаемых v уменьшилось в q раз, т. е. стало v/q , а второе осталось неизменным. Необходимо определить свойство отношения $\varphi = \frac{v+u}{\frac{v}{q}+u}$. Из первого

уравнения $u=1-v$. Подставляя это значение в выражение для φ , получим

$$\varphi = \frac{1}{\frac{v}{q} + (1-v)} = \frac{1}{1-v\left(1-\frac{1}{q}\right)}. \quad (26)$$

Из этого уравнения, беря крайние значения v и q , получим:

1) что при $q=1$ при любых значениях v величина $\varphi=1$, т. е. эта точка выхода всех кривых φ по q для различных v ;

2) что при $v=0$ при любых значениях q величина $\varphi=1$, т. е. прямая $\varphi=1$ параллельна оси абсцисс;

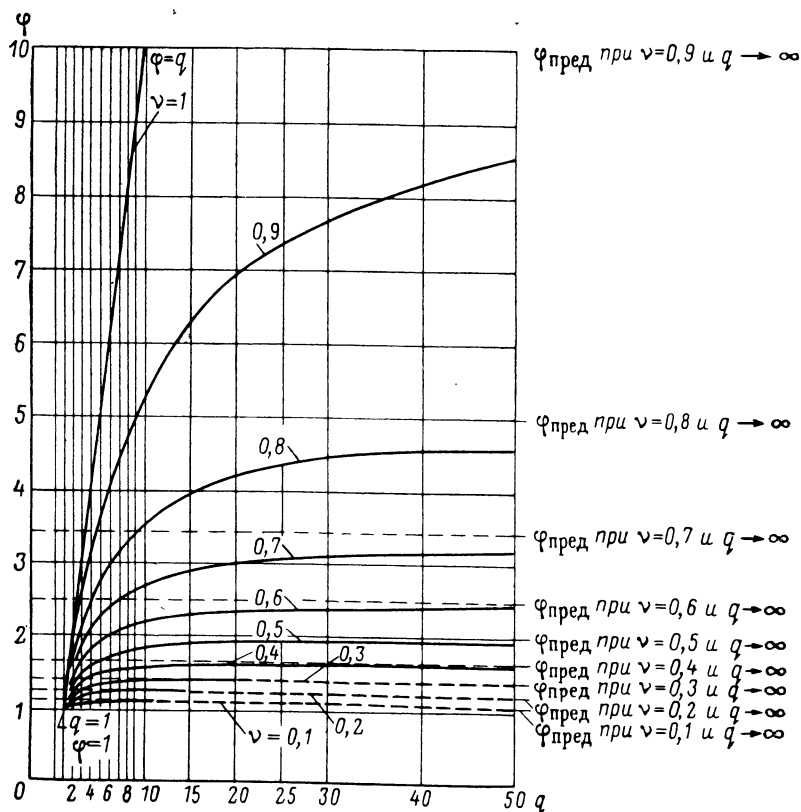


Рис. 5. График зависимости величины φ по q при различных значениях v и $\varphi_{\text{пред}}$ при $q \rightarrow \infty$

3) что при $\nu = 1$ величина $\varphi = q$, т. е. это прямая максимальных значений φ . Отсюда следует, что все кривые φ по q для всех возможных значений ν будут лежать между прямыми $\varphi = q$ и $\varphi = 1$.

Чтобы получить их конкретный вид, задаваясь последовательно значениями ν от 0,1 до 0,9, вычислим значения φ при условии, что q непрерывно изменяется от 0 до 50 и построим график, данный на рис. 5.

Рассматривая график, можно сделать следующие выводы:

а) после некоторого значения q , зависящего от величины ν , практически можно считать величину $\varphi = \text{const}$ и близкой к предельному значению:

$$\varphi_{\text{пред}} = \varphi_{q \rightarrow \infty} = \frac{1}{1 - \nu};$$

б) изменение отношения φ тем значительнее, чем больше величина ν ;

в) изменение отношения φ тем значительнее, чем больше величина изменения q ;

г) при малых значениях ν величина отношения φ достигает значения, близкого к предельным, например $\varphi_1 = 0,9\varphi_{\text{пред}}$ раньше, чем при больших значениях ν .

Глава II

ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ РАБОТЫ НА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ ТРУДА ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ СБОРОЧНО-КЛЕПАЛЬНЫХ И МОНТАЖНЫХ ПРОЦЕССОВ

§ 6. ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСЛОВИЙ РАБОТЫ

Условия труда сборщика зависят от позы, занимаемой им при работе, от освещенности рабочего места, от положения инструмента в процессе работы и, наконец, от степени доступности места работы. Рассмотрим каждый из указанных факторов.

Рабочая поза выбирается человеком в зависимости от выполняемой работы. Например, сборку механизма часов человек производит сидя на стуле, землю же рабочий копает стоя. Если присмотреться к рабочим позам сборщиков самолетов, то мы заметим, что при выполнении клепальных или монтажных работ они вынуждены придавать своему телу различные положения под влиянием внешних условий работы. К таким условиям, в первую очередь, относится внутренний габарит рабочего пространства, в котором производится работа.

Например, нельзя работать стоя внутри фюзеляжа при высоте его сечения меньше 1,5 м. Приходится или стоять согнувшись, или становиться на колени и даже лежать на боку, на спине или на животе.

При прокладке труб коммуникаций или жгутов проводов на полу рабочий работает на коленях, наклонившись вперед.

Наименьшую усталость рабочий будет испытывать при рабочих позах стоя или сидя.

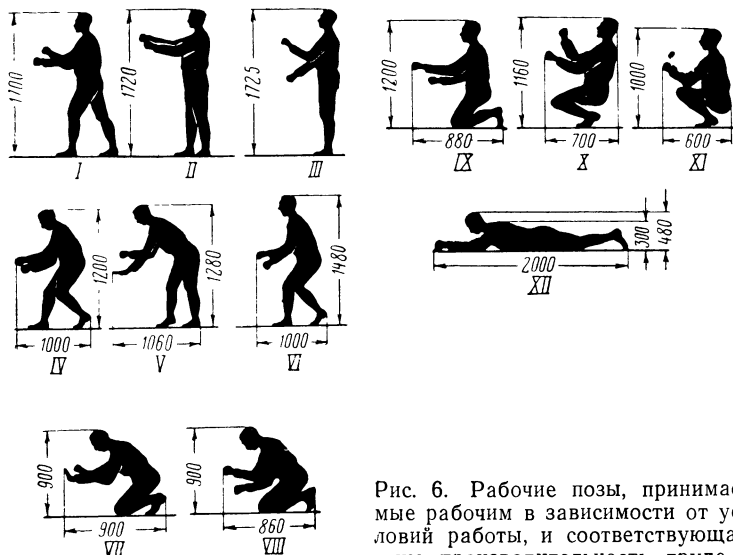


Рис. 6. Рабочие позы, принимаемые рабочим в зависимости от условий работы, и соответствующая им производительность труда

№ позы	Производительность труда в %	№ позы	Производительность труда в %
I—III	100	VII—IX	60—50
IV	95	X	67
V	75	XI	36
VI	53	XII	40—30

Для выполнения одного и того же объема работы одному и тому же рабочему в зависимости от позы, которую при этом он вынужден принимать, потребуется различное время, т. е. производительность его труда будет различна. Величина производительности труда может быть оценена величиной технической нормы времени.

На рис. 6 приведены позы, которые рабочий вынужден принимать в зависимости от условий и места работы, и соответствующие им значения производительности труда.

Известно, что разница в росте у отдельных рабочих будет в той или иной мере оказывать влияние на производительность

труда рабочего, но эти отклонения благодаря изумительной способности человека применяться к условиям могут сказываться не при всех условиях одинаково, а при хороших условиях (поза стоя, освещение нормальное, доступность отличная) совершенно не скажутся.

В зависимости от степени свободы выбора рабочей позы будем различать следующие условия работы исполнителя:

Свободные условия, когда человек может выбирать позу по своему желанию и абсолютно ничем не стеснен;

Стесненные условия труда, когда поза является вынужденной, а если и может быть выбрана рабочим, то только из ограниченного числа неудобных, малопроизводительных поз. Даже поза стоя, если при этом нельзя хотя бы немного в процессе работы изменять ее, может превратиться в неудобную, быстро вызвать усталость и снижение производительности труда. Работа в узких или низких отсеках кабин фюзеляжей, в крыльях, работа на узких стремянках, работа с вытянутыми руками, с закинутой или пригнутой головой должна быть отнесена к работе в стесненных условиях;

Особо стесненные условия заключаются обычно в сочетании плохой доступности места работы со стесненными условиями. Даже в условиях узловой сборки иногда можно видеть примеры особо стесненных условий работы, когда рабочие не видят заклепочного отверстия и заклепку вставляют на ощупь. К работе в особо стесненных условиях относится работа с длинными поддержками или молотками на удлинённых рукоятках, а также работа в таких условиях, когда связь между клепальщиком и подручным отсутствует и установление рабочего контакта между исполнителями затруднено.

Установим три степени особой стесненности:

первую степень особой стесненности, которая характеризуется напряженной позой стоя или сидя внутри секции или стоя на стремянке, или при этом применяется удлиненная поддержка, или работа выполняется через отверстия более 100 мм диаметром. Общение между исполнителями затруднено;

вторую степень особой стесненности, при которой поза достаточно свободная, но работа ведется через несколько отверстий облегчения, или установку инструмента приходится производить на ощупь. Сюда же можно отнести установку обшивки в накат;

третью степень особой стесненности, которая характеризуется тем, что габарит рабочего пространства тесен, высота и ширина не более 350 мм, поза лежа, менять положение трудно, общение рабочих затруднено, поддержка удлиненная.

Следующим фактором, определяющим условия труда, является положение инструмента в процессе работы.

Различают следующие три положения рабочего инструмента (рис. 7):

инструмент «перед собой», когда он занимает горизонтальное или близкое к горизонтальному положение при вертикальном положении обрабатываемой поверхности;

инструмент «сверху», когда поверхность, подвергающаяся обработке, находится внизу по отношению к инструменту (клепка пола или клепка нижних листов обшивки к каркасу);

инструмент «с низу», когда поверхность, подвергающаяся обработке, находится над головой рабочего: например, клепка

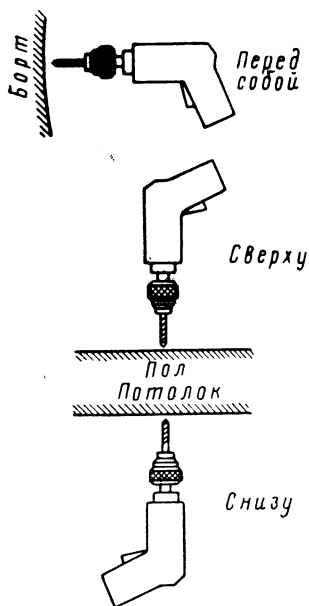


Рис. 7. Положение инструмента в зависимости от условий выполнения работы

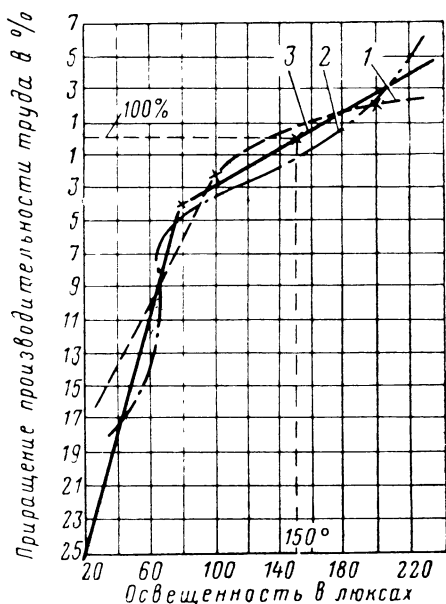


Рис. 8. График изменения производительности труда в зависимости от освещенности рабочего места:

кривая 1—в ткацком производстве; кривая 2—в машиностроении; 3—осредненная кривая

верхних листов обшивки, когда молоток или поддержка удерживается рабочим на вытянутых руках.

Освещенность рабочего места является также важным фактором в деле создания условий, благоприятных для увеличения или сохранения на высоком уровне производительности труда.

График, представленный на рис. 8, показывает изменения производительности труда в процентах в зависимости от освещенности рабочего места (в люксах). Кривая 1 графика составлена по наблюдению за производительностью труда на ткацком производстве. Как видно, увеличение освещенности с 20 до 100 лк поднимает производительность труда на 23%. При повышении же

освещенности со 100 до 180 лк, т. е. то же на 80 лк, увеличивает производительность труда только на 4 %.

Дальнейшее увеличение освещенности не повышает производительности труда, так как очень сильный свет слепит глаза рабочего.

Наблюдения за производительностью труда в зависимости от освещенности по таким различным технологическим процессам, как контрольная работа в производстве шарикоподшипников, как производство шкивов и изготовление тяжелых стальных деталей или производство электрических и газовых утюгов позволили установить зависимость между ростом освещенности и увеличением производительности труда, представленную кривой 2 на рис. 8.

Как видно, характер изменения величины производительности труда в зависимости от освещенности и в этом случае близок к первому случаю. Это позволяет осреднить приведенные результаты и принять их также и для условий работы в самолетостроении (кривая 3 на рис. 8). Важно отметить, что при освещенности большей 80—100 лк рост производительности труда становится медленным, а при чрезмерной освещенности производительность труда начинает уменьшаться.

Таким образом, подобрав нужную освещенность, можно поднять производительность труда на 23—25 % по сравнению с производительностью при плохой освещенности.

Перейдем к рассмотрению доступности места работы.

Под доступностью понимается удобство работы исполнителя, характеризующееся следующими условиями:

- а) исполнитель может достать рукой до любой точки в зоне рабочего места, не меняя удобной позы;
- б) вся зона рабочего места отчетливо видна без значительного напряжения зрения;
- в) смена инструмента производится без изменения рабочей позы;
- г) захват рукой любой нужной детали происходит без изменения рабочей позы;
- д) рабочее место не загорожено и работа на ощупь исключается;
- е) связь между исполнителями осуществляется надежно как визуально, так и в речи;
- ж) инструмент надежно и правильно захватывает и держит нужную деталь;
- з) работа на рабочем месте не грозит жизни и здоровью работающего (нельзя сорваться, упасть, получить повреждение от неудачного действия соседа).

Различают следующие три вида доступности:

отличную доступность, когда рабочий достигает места работы без особого утомления, не затрачивая излишних, с точки

зрения выполняемой работы, усилий на сохранение рабочей позы за все время работы;

удовлетворительную доступность, когда рабочий, хотя и достигает места работы, но при этом должен принять несколько неудобное положение, например при работе с вытянутыми руками или в позах стоя на коленях и сидя на корточках. Место работы при этом видно отчетливо;

недостаточную доступность, когда поза достаточно утомительна, место работы определяется на ощупь.

В ходе дальнейшего исследования нужно будет количественно определять влияние условий труда на производительность. Для этого необходимо условиться, что мы будем принимать за единицу производительности труда.

За единицу производительности труда мы будем принимать производительность труда рабочего, выраженную объемом работы, выполненным им в единицу времени при работе в позе стоя, когда инструмент направлен перед собой, а доступность и освещение места работы отличные.

Такие условия труда практически имеют место при работе клепальщика или монтажника на панели, когда размеры ее не превышают по высоте одного метра, а глубина панели f будет не больше полуметра (рис. 9).

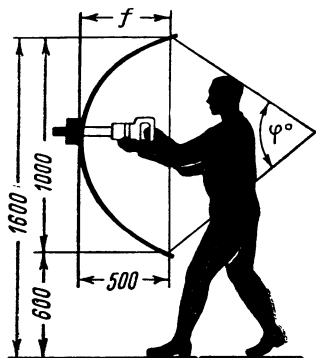


Рис. 9. Рабочая поза при работе на панели, условия труда наилучшие, освещенность и доступность отличные

§ 7. ОБОЗНАЧЕНИЯ ОПЕРАТИВНЫХ НОРМ ВРЕМЕНИ НА ВЫПОЛНЕНИЕ ПРИЕМОВ ПРИ КЛЕПАЛЬНЫХ РАБОТАХ

Определять норму времени и оценивать изменение производительности труда приходится в зависимости от условий работы. Так как при проектировании технологических процессов имеется необходимость в определении нормы времени при любых изменениях условий труда и величины изменения производительности труда, то и нам необходимо во избежание ошибки ввести специальные обозначения (индексы) для оперативных норм времени.

Под общей нормой времени t_0 будем понимать полную затрату времени на все приемы, направленные к тому, чтобы выполнить определенную работу. Например, при выполнении соединения заклепкой нужно предварительно приготовить отверстие, в которое будет вставляться заклепка, и затем расклепать ее.

**Оперативные и общие нормы времени в минутах
на подготовку отверстия и на прямую и обратную клепку***

Операция, инструмент				Диаметр заклепки				
				3	5	6	7	10
				Нормы времени				
Подготовка отверстия	Сверление	Ø сверла в мм		2,5	3	3	3	5
		глубина сверления в мм		1	2	3	3	5
	Норма времени			0,027	0,030	0,031	0,033	0,046
	Рассверливание	Ø сверла в мм		3,1	5,1	6,1	7,1	10,1
		глубина рассверливания в мм		3	5	6	7	10
	Норма времени			0,025	0,064	0,107	0,149	0,342
	Зенкование	Ø зенкования отверстия в мм		3,1	5,1	6,1	7,1	10,1
	Норма времени			0,025	0,037	0,042	0,046	0,060
	Общая норма времени на все операции подготовки отверстия			0,077	0,131	0,180	0,228	0,448
Норма времени на наклепку потайную	прямая	материал	B65	0,080	0,088	0,101	0,115	0,189
			Д18	0,078	0,084	0,091	0,105	0,168
	обратная	материал	B65	0,060	0,038	0,081	0,095	0,169
			Д18	0,058	0,064	0,071	0,085	0,148
Общая норма времени на подготовку отверстия и клепку потайную	прямая	материал	B65	0,157	0,219	0,281	0,343	0,637
			Д18	0,155	0,215	0,271	0,333	0,616
	обратная	материал	B65	0,137	0,199	0,261	0,323	0,617
			Д18	0,135	0,195	0,251	0,313	0,596

* Нормы времени здесь и в дальнейшем взяты на основании существующих нормативов времени на сверлильно-клепальные и монтажные работы.

В этом случае общая норма на постановку одной заклепки t_{oi} равна сумме нормы времени на подготовку отверстия $t_{пд\ i}$ и нормы времени на клепку t_i , т. е.

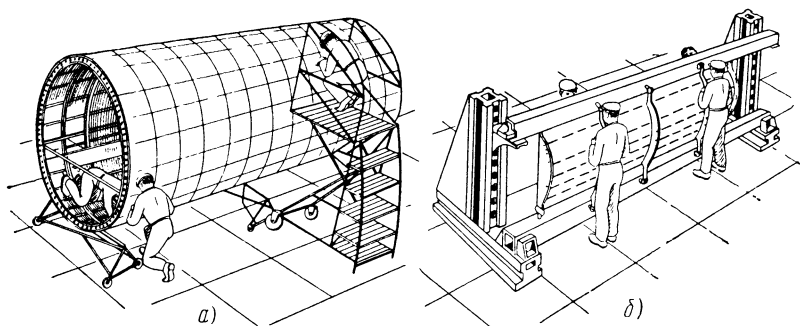
$$t_{oi} = t_{пд\ i} + t_i^*.$$

Как видно из табл. 3, для того чтобы поставить одну заклепку, нужно затратить времени на подготовку отверстия в отдельных случаях примерно в два раза больше чем на расклепывание заклепки. Поэтому при сравнении норм времени на производство соединения необходимо учитывать весь комплекс трудовых затрат.

Обозначение оперативных норм времени на подготовку отверстия под заклепку и расклепывание заклепки и общей нормы в зависимости от условий труда приведены в табл. 4.

§ 8. КОЭФФИЦИЕНТ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ТРУДА

Представим себе, что какой-нибудь агрегат (или секцию) мы собирали в нечлененном виде (рис. 10, а), а затем перешли на сборку таких же агрегатов или секций из панелей (см. рис. 10, б).



Фиг. 10. Рабочие позы при сборке секции (а) и при сборке панели (б)

Тогда произойдут следующие изменения в условиях труда:

- а) при работе на панели все места работы станут хорошо доступны и прекрасно видны рабочему;
- б) поза из вынужденной станет удобной, такой, какую выберет сам рабочий;
- в) положение инструмента всегда может быть «перед собой»;
- г) освещение рабочего места станет более равномерным и может быть любой яркости.

Численно эти изменения условий труда выразятся в величине изменения нормы времени на одну операцию. Норма в условиях

* Здесь индекс «i» обозначает положение (позу) рабочего или инструмента при выполнении какой-либо операции.

Обозначение оперативных норм времени в зависимости от условий труда

Условия труда		Виды сборочных работ								
		Узловая, панельная сборка и монтаж на панели	Секционная и агрегатная сборка и монтаж в секциях и агрегатах							
Доступность		Отличная	Удовлетворительная				Недостаточная, на ощупь			
Освещение		Отличное	Удовлетворительное				Неудовлетворительное, блеклость, контрастность			
Преобладающая поза		Стоя прямо или полусогнувшись (позы: I, II, III, IV, V, VI на рис. 6)	На коленях, на короточках (позы: VII, VIII, IX, X на рис. 6)				На короточках, лежа в секции, стоя на стремянках или в секции. Напряженная поза стоя или сидя (позы: X, XI, XII на рис. 6)			
Положение исполнителя		Свободное	Стесненное				Очень стесненное			
Положение инструмента		перед собой	сверху	снизу	перед собой	сверху	снизу	I степень	II степень	III степень
Обозначение норм времени	на подготовку	$t_{пл1}$	$t_{пл2}$	$t_{пл3}$	$t_{пл4}$	$t_{пл5}$	$t_{пл6}$	$t_{пл7}$	$t_{пл8}$	$t_{пл9}$
	на клепку	t_1	t_2	t_3	t_4	t_5	t_6	t_7	t_8	t_9
	общая	t_{01}	t_{02}	t_{03}	t_{04}	t_{05}	t_{06}	t_{07}	t_{08}	t_{09}

замкнутой секции t_n всегда будет больше нормы времени на такую же операцию при работе исполнителя на панели t_n , так как условия труда при работе на панели значительно лучше.

Отношение нормы времени на какую-либо операцию, выполняемую в условиях секции, к норме времени на ту же операцию, выполняемую на панели, назовем относительным коэффициентом изменения производительности труда a .

Таким образом, можем написать

$$a = \frac{t_n}{t_n}. \quad (27)$$

Например, при сборке секции с диаметром сечения в 2 м клепка по бортам на уровне груди рабочего будет совершаться в удобных условиях: поза стоя, доступность хорошая, освещенность несколько хуже, чем на открытой вертикально стоящей панели, но может быть обеспечено хорошее освещение.

При переходе этого участка работы на панель мы почти не заметим улучшения условий труда.

В то же время при переводе клепки швов на потолке и полу из условий секции в условия работы на панели произойдет резкое улучшение условий труда.

Верхние заклепочные швы в условиях секции придется клепать с вытянутыми вверх руками, а нижние швы по бортам и на полу — в позах: на коленях, на корточках или лежа, что достаточно тяжело и утомительно.

При переводе этих участков работы из условий секции на панели рабочий будет поставлен в более благоприятные условия для высокой производительности труда, что поведет к снижению трудоемкости работы.

Если трудоемкость T_n клепки участка поверхности секции, равного поверхности панели, будет равна произведению числа заклепок z_n на норму времени t_n на одну заклепку

$$T_n = z_n \cdot t_n,$$

а трудоемкость той же работы в условиях панельной сборки будет соответственно равна

$$T_n = z_n \cdot t_n,$$

то отношение трудоемкостей сборки нечлененной секции T_n к трудоемкости сборки панелей той же секции T_n будет выражать коэффициент производительности труда клепальщика, соответствующий изменению условий труда, т. е.

$$a = \frac{T_n}{T_n} = \frac{z_n \cdot t_n}{z_n \cdot t_n}.$$

При $z_n = z_n$ коэффициент $a = t_n/t_n$.

Обозначим t_n с учетом различных условий работы клепальщика и положения инструмента через t_i , а t_n через t_1 , так как условия работы на панелях всегда будут наиболее благоприятные, тогда формула (27) примет следующий вид:

$$a_i = \frac{t_i}{t_1}. \quad (28)$$

§ 9. ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА a ПРИ КЛЕПАЛЬНЫХ РАБОТАХ

В настоящее время благодаря большой работе, проделанной по созданию нормативов времени на клепальные, монтажные и верстачные работы, имеется возможность детально изучить величину a для различных методов клепки и для монтажных работ.

1. Рассмотрим влияние положения инструмента на изменение нормы времени. В табл. 5 приведено оперативное время на рядовую обратную клепку пневмомолотком.

Если брать отношения

$$\frac{t_2}{t_1}, \frac{t_3}{t_1}, \frac{t_5}{t_4}, \frac{t_6}{t_4},$$

то можно установить степень влияния положения инструмента на изменение норм времени.

В табл. 6 приводятся величины этих отношений. Соответствующие коэффициенты производительности труда обозначим через a_2, a_3, a'_5 и a'_6 .

Рассмотрение этой таблицы показывает, что влияние положения инструмента практически не зависит от положения исполнителя, так как $a_2 \approx a'_5$ и $a_3 \approx a'_6$.

Следовательно, порядок величины изменения нормы в зависимости от положения инструмента один и тот же при любом одинаковом положении исполнителя.

2. Рассмотрим влияние условий положения исполнителя работы на изменение норм, если положение инструмента не изменяется.

Для этого определим значение отношений

$$\frac{t_4}{t_1}, \frac{t_5}{t_2}, \frac{t_6}{t_3}$$

и сведем их в табл. 7.

Как видно, влияние стесненных условий работы достаточно постоянно и порядок всех трех отношений один и тот же и в среднем это отношение может быть принято равным 1,22.

Оперативное время на рядовую обратную клепку пневмомолотком

Материал заклепок — Д18

Форма закладной головки — сферическая

Форма замыкающей головки — плоская

Тип поддержки — упругая

Содержание работы:

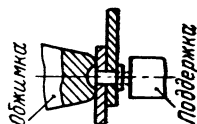
1 — вставить заклепку в отверстие

2 — установить молоток на заклепку

3 — установить поддержку на заклепку

4 — клепать

5 — перенести молоток на шаг до 50 мм



Положение		Индекс нормы	Диаметр заклепки в мм							
исполнителя	инструмента		3	4	5	6	7	8	9	10
Время на одну заклепку в мин										
Свободное	Перед собой	t_1	0,048	0,050	0,054	0,061	0,075	0,094	0,114	0,138
	Сверху	t_2	0,053	0,055	0,059	0,066	0,080	0,099	0,119	0,143
	Снизу	t_3	0,083	0,085	0,089	0,096	0,110	0,129	0,149	0,173
Стесненное	Перед собой	t_4	0,063	0,065	0,069	0,076	0,090	0,109	0,129	0,153
	Сверху	t_5	0,068	0,070	0,074	0,081	0,095	0,114	0,134	0,158
	Снизу	t_6	0,108	0,110	0,114	0,121	0,135	0,154	0,174	0,198
Очень стес- ненное	I степень	t_7	0,12	0,14	0,16	0,18	0,20	0,22	0,24	0,28
	II степень	t_8	0,19	0,20	0,22	0,24	0,26	0,28	0,30	0,34
	III степень	t_9	0,21	0,23	0,25	0,27	0,29	0,31	0,33	0,37

Таблица 6

Положение		Коэф- фициент a	Диаметр заклепок в мм								Среднее значение $a_{ср.кл.}$	№ таблицы
исполни- теля	инстру- мента		3	4	5	6	7	8	9	10		
Свобод- ное	Сверху	$\frac{t_2}{t_1} = a_2$	1,10	1,10	1,09	1,08	1,07	1,05	1,04	1,04	1,07	5
	Перед собой											
	Снизу											
	Перед собой	$\frac{t_3}{t_1} = a_3$	1,73	1,70	1,65	1,57	1,47	1,37	1,31	1,25	1,50	
Стеснен- ное	Сверху	$\frac{t_5}{t_4} = a'_5$	1,08	1,08	1,07	1,07	1,05	1,04	1,04	1,03	1,03	
	Перед собой											
	Снизу											
	Перед собой	$\frac{t_6}{t_4} = a'_6$	1,71	1,69	1,65	1,59	1,50	1,41	1,34	1,29	1,52	

Таблица 7

Положение		Отношение норм	Диаметр заклепок в мм								Среднее значение отношений	№ таблицы
инстру- мента	исполнителя		3	4	5	6	7	8	9	10		
Перед собой	Стесненное	$\frac{t_4}{t_1}$	1,31	1,30	1,28	1,25	1,20	1,16	1,13	1,11	1,22	5
	Свободное											
Сверху	Стесненное	$\frac{t_5}{t_2}$	1,28	1,27	1,25	1,23	1,19	1,15	1,12	1,10	1,20	
	Свободное											
Снизу	Стесненное	$\frac{t_6}{t_3}$	1,30	1,29	1,28	1,26	1,22	1,19	1,17	1,14	1,23	
	Свободное											

Остается определить отношение совместного влияния двух рассмотренных выше факторов, т. е. когда работа происходит в

стесненных условиях и положение инструмента меняется по сравнению с нормой t_1 . Для этого рассмотрим отношения

$$\frac{t_4}{t_1}, \frac{t_5}{t_1}, \frac{t_6}{t_1}, \frac{t_7}{t_1}, \frac{t_8}{t_1} \text{ и } \frac{t_9}{t_1}.$$

Такого рода изменения условий труда будут происходить в случае, когда клепальные работы переводятся из условий секции или агрегата в условия работы на панели.

Величины указанных отношений приведены в табл. 8, из которой видно, что норма времени при переводе работы по клепке из секции или агрегата на панель, если размеры и архитектура секции или агрегата создают весьма стесненные условия для работы клепальщиков, может уменьшаться в некоторых случаях в несколько раз.

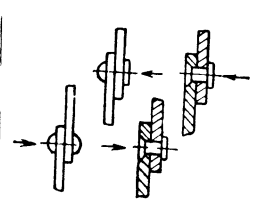
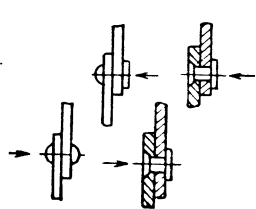
Таблица 8

Отноше- ние a_i	$d_{\text{зак}}$								Средняя величина $a_{\text{ср.кл } i}$	№ та- блицы
	3	4	5	6	7	8	9	10		
$a_4 = \frac{t_4}{t_1}$	1,31	1,30	1,28	1,25	1,20	1,16	1,13	1,11	1,22	5
$a_5 = \frac{t_5}{t_1}$	1,42	1,40	1,37	1,33	1,27	1,21	1,17	1,14	1,29	
$a_6 = \frac{t_6}{t_1}$	2,25	2,20	2,11	1,98	1,80	1,64	1,53	1,43	1,87	
$a_7 = \frac{t_7}{t_1}$	2,5	2,8	2,96	2,95	2,67	2,34	—	—	2,7	
$a_8 = \frac{t_8}{t_1}$	3,75	4,00	4,05	3,93	—	—	—	—	3,94	
$a_9 = \frac{t_9}{t_1}$	4,37	4,6	4,63	4,43	—	—	—	—	4,58	

На этом основании можно сделать вывод, что коэффициент a сильно возрастает при переводе работы из секции на панель и в отдельных случаях его величина может достигать значений выше четырех.

3. Аналогичным образом рассмотрим отношение норм на расклепывание заклепки, а также на сверление, рассверливание и зонкование отверстий для различных видов клепки и диаметров заклепок от 3 до 10 мм в удобных и стесненных условиях. Расчеты сведены в табл. 9, из которой видно, что отношение норм в не-

Таблица 9
Отношение норм на постановку заклепок в удобных и стесненных условиях на сверление, рассверливание, зенкование и клепку для заклепок различных диаметров при различных способах клепки

Вид операции	Эскизы способов клепки	Обозначение отношений	Диаметр заклепок в мм							Среднее отношение	
			3	4	5	6	7	8	10		
Клепка		$\frac{t_4}{t_1}$	1,31	1,30	1,28	1,25	1,20	1,16	1,13	1,23	
			1,32	1,31	1,29	1,26	1,22	1,18	1,13	1,24	
			1,34	1,33	1,31	1,28	1,23	1,19	1,13	1,26	
			1,38	1,38	1,36	1,33	1,29	1,24	1,18	1,31	
Сверление	—	$\frac{t_{\text{стес.}}}{t_{\text{своб}}}$	1,24	1,24	1,24	1,24	1,24	1,24	1,25	1,24	
			1,24	1,25	1,25	1,25	1,25	1,26	1,25	1,25	
			1,24	1,27	1,24	1,26	1,26	1,26	1,25	1,25	
Клепка		$\frac{t_5}{t_2}$	1,28	1,27	1,25	1,23	1,19	1,15	1,10	1,21	
			1,27	1,27	1,25	1,23	1,20	1,17	1,12	1,21	
			1,22	1,21	1,20	1,18	1,16	1,13	1,09	1,17	
			1,27	1,26	1,25	1,24	1,21	1,18	1,14	1,22	
Общая средняя величина отношений норм											1,23

Примечание. На эскизах стрелками показаны направления ударов молотка при клепке.

удобных условиях (стесненных) к нормам в удобных (свободных) условиях для различных операций процесса клепки является величиной, достаточно постоянной и равной 1,23.

До сих пор мы рассматривали, как изменяется норма времени на отдельные операции клепальных работ: клепку, сверление и т. д. в зависимости от условий выполнения этих операций.

Перейдем к рассмотрению изменения общей нормы времени на весь комплекс операций, необходимых для постановки одной заклепки. Табл. 10 включает операционные и общие нормы времени для случая рядовой, прямой клепки впотай при глубине сверления, равной $d_{\text{зак}}$ и для свободных условий работы.

Таблица 10

Операционная и общая нормы оперативного времени для работы в свободных условиях при прямой потайной клепке

№ по пор.	Операции	Обозначение норм	Диаметр заклепки в мм								№ таблицы
			3	4	5	6	7	8	9	10	
			Диаметр сверла в мм								
			2	2,5	3	3	3	3	5	5	
			Время на одну заклепку в мин								
1	Сверлить	—	0,036	0,038	0,042	0,045	0,050	0,082	0,090	0,121	—
2	Зенковать	—	0,025	0,030	0,037	0,042	0,046	0,050	0,054	0,060	—
3	Рассверливать	—	0,025	0,028	0,064	0,102	0,149	0,219	0,260	0,342	—
—	Вся подготовка	$t_{\text{под1}}$	0,086	0,096	0,143	0,189	0,245	0,351	0,404	0,523	—
4	Вставить заклепку и клепать	t_1	0,078	0,080	0,084	0,091	0,105	0,124	0,144	0,168	3
—	Общая норма времени	t_{01}	0,164	0,176	0,227	0,280	0,350	0,475	0,548	0,691	—

Примечание. При определении времени на сверление и рассверливание толщина пакета условно взята равной диаметру заклепки.

В табл. 11 даны окончательные нормы для случая стесненных условий работы.

Отношения общих времен при работе в стесненных и в свободных условиях приведены в табл. 12.

В табл. 13 даются значения тех же отношений норм времени t_{04} и t_{01} для рядовой обратной клепки впотай.

Время на подготовку соединений под клепку берется таким же, как и в табл. 12.

Как видно из табл. 12 и 13, средняя величина отношений t_{04} и t_{01} почти постоянна как для прямой, так и для обратной клепки впотай и может быть принята равной 1,27.

Таблица 11

**Операционная и общая норма времени для работы
в стесненных условиях при прямой потайной клепке**

№ по пор.	Операция	Обозначение норм	Диаметр заклепки в мм								№ таблицы
			3	4	5	6	7	8	9	10	
			Диаметр сверла в мм								
			2	2,5	3	3	3	3	5	5	
			Время на одну заклепку в мин								
1	Сверлить	—	0,045	0,047	0,050	0,056	0,062	0,102	0,112	0,153	—
2	Зенковать	—	0,031	0,038	0,046	0,053	0,058	0,063	0,068	0,075	—
3	Рассверлить	—	0,031	0,035	0,080	0,128	0,186	0,275	0,312	0,428	—
—	Вся подготовка	$t_{пл4}$	0,107	0,120	0,176	0,237	0,306	0,440	0,492	0,656	—
4	Вставить за- клепку, клепать	t_4	0,108	0,110	0,114	0,121	0,135	0,154	0,174	0,198	16
—	Общее время	t_{04}	0,215	0,230	0,290	0,358	0,441	0,594	0,666	0,854	—

Таблица 12

**Отношения норм общего времени при работе в стесненных условиях
к работе в свободных условиях при прямой потайной клепке**

Время и условия работы		Обозначение норм	Диаметр заклепок в мм								№ таблиц
			3	4	5	6	7	8	9	10	
			Время на одну заклепку в мин								
Общее время	Стесненные	t_{04}	0,215	0,230	0,290	0,358	0,441	0,594	0,666	0,854	11
	Свободные	t_{01}	0,164	0,176	0,227	0,280	0,350	0,475	0,548	0,691	10
Отношение норм		$\frac{t_{04}}{t_{01}}$	1,31	1,31	1,28	1,28	1,26	1,25	1,22	1,24	—

$$\text{Среднее значение отношения } \frac{t_{04}}{t_{01}} \cong 1,27$$

При рассмотрении табл. 7 и 9 было установлено, что норма времени на сверление, рассверливание и зенкование следует тому же закону относительного изменения нормы, как и для клепки.

Сверлить и зенковать, очевидно, также относительно затруднительно в стесненных условиях, как и клепать. Поэтому можно

**Отношение норм времени для случая рядовой обратной
потайной клепки**

Условия	Операции	Обозначение норм	Диаметры заклепок в мм							№ табл.
			3	4	5	6	7	8	10	
			Время на одну заклепку в мин							
Свободные	Подготовка	$t_{пл1}$	0,086	0,096	0,143	0,189	0,245	0,351	0,523	10
	Клепка	t_1	0,058	0,060	0,064	0,071	0,085	0,104	0,148	3
	Общая норма времени	t_{01}	0,144	0,156	0,207	0,260	0,330	0,455	0,671	—
Стесненные	Подготовка	$t_{пл4}$	0,107	0,120	0,176	0,237	0,306	0,440	0,656	11
	Клепка	t_4	0,078	0,080	0,084	0,091	0,105	0,124	0,168	16
	Общая норма времени	t_{04}	0,185	0,200	0,260	0,328	0,411	0,564	0,824	—
	Отношение	$\frac{t_{04}}{t_{01}}$	1,28	1,28	1,26	1,26	1,25	1,24	1,23	—

$$\text{Среднее значение отношения } a_{\text{ср.кл4}} = \frac{t_{04}}{t_{01}} = 1,26$$

считать, что время на подготовительные работы для клепки соединения изменяется так же, как и на клепку, т. е. при переходе из стесненных условий работы в удобные производительность подготовительных работ увеличится примерно в 1,25 раза.

Все это позволяет сделать очень важный вывод: если клепку участков конструкции вынести из условий секции, где процессы подготовки отверстий под заклепки и расклепывание заклепки выполняются в очень стесненных условиях, на узловую, верстачную сборку или на панели, то можно получить значительное увеличение производительности труда для любых операций (см. табл. 8).

4. Рассмотрим, наконец, как влияет на изменение величины нормы положение инструмента или положение исполнителя и как влияют оба эти фактора вместе на производство клепальных работ.

В табл. 14 приведены нормы на рядовую прямую клепку пневмомолотками при различных положениях исполнителя и инструмента, а в табл. 15 отношения норм для различных случаев клепки заклепками из материала В65.

Оперативное время на рядовую прямую потайную клепку

Материал заклепок—В65

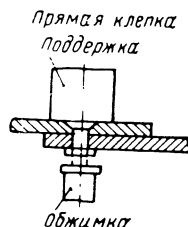
Форма закладной головки — потайная

Форма замыкающей головки — плоская

Тип поддержки — упругая

Содержание работы

- 1 — вставить заклепку в отверстие
- 2 — установить поддержку на заклепку
- 3 — установить натяжку на стержень заклепки
- 4 — натянуть
- 5 — сменить натяжку
- 6 — установить молоток на стержень заклепки
- 7 — клепать
- 8 — сменить обжимку
- 9 — перенести молоток на шаг до 50 мм



№ по пор.	Положение		Обозначение	Диаметр заклепки в <i>мм</i>							
	исполнителя	инструмента		3	4	5	6	7	8	9	10
				Время на одну заклепку в <i>мин</i>							
1	Свободное	Перед собой	t_1	0,080	0,083	0,088	0,098	0,115	0,139	0,164	0,189
2		Сверху	t_2	0,095	0,098	0,103	0,113	0,130	0,154	0,179	0,204
3		Снизу	t_3	0,145	0,148	0,153	0,163	0,180	0,204	0,229	0,254
4	Стесненное	Перед собой	t_4	0,110	0,113	0,118	0,128	0,145	0,169	0,194	0,219
5		Сверху	t_5	0,120	0,123	0,128	0,138	0,155	0,179	0,204	0,229
6		Снизу	t_6	0,190	0,193	0,198	0,208	0,225	0,249	0,274	0,299
7	Очень стесненное	I степень	t_7	0,13	0,15	0,17	0,19	0,21	0,23	0,25	0,29
8		II степень	t_8	0,21	0,23	0,25	0,27	0,29	0,31	0,33	0,37
9		III степень	t_9	0,29	0,31	0,33	0,35	0,37	0,39	0,41	0,45

**Влияние установки инструмента и положение клепальщика
на коэффициент изменения производительности труда**

Отноше- ние норм времени	Диаметр заклепки в мм							Сред- нее значе- ние $a_{ср.кл.i}$	Влияние на коэф- фициент a
	4	5	6	7	8	9	10		
$\frac{t_1}{t_1}$	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	Положения инструмен- та
$\frac{t_2}{t_1} = a_2$	1,18	1,17	1,15	1,13	1,11	1,09	1,08	1,13	
$\frac{t_3}{t_1} = a_3$	1,78	1,74	1,67	1,56	1,47	1,40	1,34	1,57	
$\frac{t_5}{t_4}$	1,09	1,08	1,08	1,07	1,06	1,05	1,04	—	
$\frac{t_6}{t_4}$	1,71	1,68	1,62	1,55	1,47	1,41	1,36	—	
$\frac{t_8}{t_7}$	1,53	1,47	1,42	1,38	1,35	1,32	1,28	—	
$\frac{t_9}{t_7}$	2,07	1,94	1,84	1,76	1,70	1,64	1,55	—	
$\frac{t_4}{t_1} = a_4$	1,36	1,34	1,31	1,26	1,22	1,18	1,16	1,26	Положения исполните- ля
$\frac{t_5}{t_2}$	1,26	1,24	1,22	1,19	1,16	1,14	1,12	—	
$\frac{t_6}{t_3}$	1,30	1,29	1,28	1,25	1,22	1,20	1,18	—	
$\frac{t_8}{t_2}$	2,35	2,43	2,39	2,23	2,01	1,84	1,81	—	
$\frac{t_9}{t_3}$	2,09	2,16	2,15	2,05	1,91	1,79	1,77	—	

Отноше- ние норм времени	Диаметр заклепки в мм							Сред- нее значе- ние $a_{ср.кл.і}$	Влияние на коэф- фициент a
	4	5	6	7	8	9	10		
$\frac{t_5}{t_1} = a_5$	1,48	1,45	1,41	1,35	1,29	1,24	1,21	1,35	Положения исполнителя и инстру- мента
$\frac{t_6}{t_1} = a_6$	2,33	2,25	2,12	1,96	1,79	1,67	1,58	1,96	
$\frac{t_7}{t_1} = a_7$	1,81	1,93	1,94	1,83	1,65	1,52	1,53	1,74	
$\frac{t_8}{t_1} = a_8$	2,77	2,84	2,76	2,52	2,23	2,01	1,96	2,44	
$\frac{t_9}{t_1} = a_9$	3,73	3,75	3,57	3,22	2,81	2,50	2,38	3,14	

Как видно из табл. 15, перевод клепки из очень стесненных условий на панель позволяет получить повышение производительности труда в некоторых случаях почти в четыре раза большую по сравнению с производительностью труда клепальщиков в условиях секции или агрегата.

В табл. 16 приведены отношения норм для различных случаев приклепывания заклепками из материала Д18 и сверления отверстий в дуралюмине.

Сравнивая значения отношений одинаковых норм в табл. 7 и 16, можно заметить, что порядок величины этих отношений почти одинаков. Это показывает, что относительные изменения норм не зависят от вида клепки и материала заклепок.

Следовательно, если оценить изменение производительности труда и отношение норм, то мы получим достаточно устойчивый измеритель производительности труда — коэффициент a .

$$a_i = \frac{t_i}{t_1}.$$

Проведенное исследование изменений норм времени при клепальных работах дает возможность сделать следующие общие выводы:

а) отношения норм времени на клепальные работы являются достаточно устойчивым измерителем изменений производительности труда и могут быть оценены относительным коэффициентом изменения производительности труда a ;

Нормы времени в мин на рядовую прямую потайную клепку

Материал — Д18

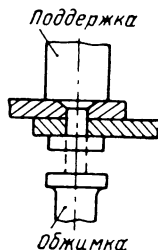
Форма закладной головки — потайная

Форма замыкающей головки — плоская

Тип поддержки — упругая

Содержание работы:

- 1 — вставить заклепку в отверстие
- 2 — установить поддержку в заклепку
- 3 — установить натяжку на стержень заклепки
- 4 — натянуть
- 5 — сменить натяжку
- 6 — установить молоток на стержень заклепки
- 7 — клепать
- 8 — сменить обжимку
- 9 — перевести молоток на шаг до 50 мм



Положение инструмента	Обозначение норм	Диаметр заклепки в мм						
		3	4	5	6	7	8	10
Перед собой	t_1	0,078	0,080	0,084	0,091	0,105	0,124	0,168
Сверху	t_2	0,93	0,095	0,099	0,106	0,120	0,139	0,183
a_2	t_2/t_1	1,19	1,18	1,18	1,17	1,14	1,12	1,09
Снизу	t_3	0,143	0,145	0,149	0,156	0,170	0,189	0,232
a_3	t_3/t_1	1,83	1,81	1,77	1,72	1,62	1,52	1,41
Перед собой	t_4	0,108	0,110	0,114	0,121	0,135	0,154	0,198
Сверху	t_5	0,118	0,120	0,124	0,131	0,145	0,164	0,208
Отношение	t_5/t_4	1,09	1,09	1,09	1,08	1,07	1,06	1,05
Снизу	t_6	0,188	0,190	0,194	0,201	0,215	0,254	0,278
Отношение	t_6/t_4	1,73	1,73	1,70	1,66	1,59	1,50	1,40
a_4	t_4/t_1	1,38	1,37	1,36	1,33	1,29	1,24	1,18
Отношение	t_5/t_2	1,27	1,26	1,25	1,24	1,21	1,18	1,14
Отношение	t_6/t_3	1,31	1,31	1,30	1,28	1,26	1,23	1,20
a_5	t_5/t_1	1,52	1,50	1,48	1,45	1,38	1,32	1,24
a_6	t_6/t_1	2,40	2,40	2,32	2,22	2,05	1,88	1,72
a_7	t_7	0,290	0,310	0,330	0,350	0,210	0,230	
Отношение	t_7/t_1	3,74	3,88	3,92	3,86	2,00	1,85	

б) изменения отношений норм времени, а следовательно, и производительности труда при одинаковом изменении условий труда и положения инструмента не зависят от вида клепки и материала заклепок;

в) создание благоприятных условий для выполнения клепальных работ, что в первую очередь достигается вынесением макси-

мально возможного их объема из условий секции (агрегата) в условия панельной (узловой, верстачной) сборки, является мощным средством повышения производительности труда клепальных работ в самолетостроении.

§ 10. ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ ТРУДА ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ МОНТАЖНЫХ РАБОТ

Во время сборки секций и агрегатов самолетов производятся не только клепальные работы, но и монтажные работы: прокладка жгутов, электро-, радиопроводок, прокладка различных труб, проводов, установка тяг управления самолетом, а также установка предметов вооружения и оборудования самолетов.

Чтобы решить вопрос о том, как велико будет значение относительного коэффициента изменения производительности труда при выполнении монтажных работ в случае их переноса из условий агрегатов или секций в условия работы на панелях, очевидно, нужно рассматривать, как и в клепальных работах, не самые нормы времени, а их отношения.

Прежде всего установим изменение норм времени для монтажных работ в зависимости от изменений условий труда.

В табл. 17 представлены принятые обозначения норм на монтажные работы в зависимости от условий труда.

Необходимо обратить внимание на то обстоятельство, что нормы времени для положения и инструмента перед собой и сверху являются общими. Поэтому норма под индексом $t_{\text{мн}1}$ относится к обоим этим положениям инструмента. Аналогично для стесненных и очень стесненных условий норма времени для положения инструмента сверху и перед собой также объединена соответственно в нормы $t_{\text{мн}4}$ и $t_{\text{мн}7}$.

Если возьмем отношения нормы времени, затрачиваемой на выполнение какой-либо монтажной работы в каких-то конкретных условиях, к норме времени $t_{\text{мн}1}$, выполняемой в наиболее благоприятных условиях, то получим относительные величины изменения коэффициента, которые обозначим так:

$$\frac{t_{\text{мн}3}}{t_{\text{мн}1}} = a_{\text{мн}3}, \quad \frac{t_{\text{мн}4}}{t_{\text{мн}1}} = a_{\text{мн}4},$$

$$\frac{t_{\text{мн}6}}{t_{\text{мн}1}} = a_{\text{мн}6}, \quad \frac{t_{\text{мн}7}}{t_{\text{мн}1}} = a_{\text{мн}7},$$

$$\frac{t_{\text{мн}9}}{t_{\text{мн}1}} = a_{\text{мн}9}.$$

В табл. 18 даны значения коэффициентов a монтажных работ. Как видно из таблицы, значения $a_{\text{мн}4}$ колеблются в пределах от 1,21 до 2,22, а значения $a_{\text{мн}7}$ — в пределах от 1,42 до 6,51

Обозначение норм времени для монтажных работ в зависимости от условий труда

Положение исполнителя	Свободное			Стесненное			Очень стесненное		
Положение инструмента	Перед собой	Сверху	Снизу	Перед собой	Сверху	Снизу	I степень	II степень	III степень
Движения рук	Неограничены			Ограничены			Значительно ограничены		
Поле зрения	Неограничено			Ограничено			Значительно ограничено		
Вид сборочных работ	Верстачная, узловая, панельная сборка, иногда в больших секциях и агрегатах			Секционная и агрегатная			Секционная и агрегатная		
Обозначения норм времени	$t_{мн1}$		$t_{мн3}$	$t_{мн4}$		$t_{мн6}$	$t_{мн7}$		$t_{мн9}$

Средние значения этих коэффициентов будут соответственно равны: $a_{ср.мн4} = 1,57$ и $a_{ср.мн7} = 2,67$ *.

Сравнивая средние значения $a_{ср.мн4}$ и $a_{ср.мн7}$ с аналогичными коэффициентами a клепальных работ $a_{ср.кл4}$ и $a_{ср.кл7}$, получим

$$a_{ср.мн4} = 1,57; \quad a_{ср.кл4} = 1,26 \text{ (см. табл. 15); } \frac{a_{ср.мн4}}{a_{ср.кл4}} = 1,25;$$

$$a_{ср.мн7} = 2,67; \quad a_{ср.кл7} = 1,74 \text{ (см. табл. 15); } \frac{a_{ср.мн7}}{a_{ср.кл7}} = 1,53.$$

Таким образом, эффект от перевода монтажных работ из секции на панель будет выше, чем в случае перевода клепальных работ.

Как видно из приведенных отношений $a_{ср.мн i}$ к $a_{ср.кл i}$, он выше примерно на 30%.

Автором было проведено исследование влияния на повышение производительности труда перевода монтажных работ из условий секции в условия панели.

* Средние значения для коэффициентов $a_{ср.мн6}$ и $a_{ср.мн9}$ в дальнейшем не используются ввиду недостаточности статического материала.

Таблица 18

Величины относительных коэффициентов изменения производительности труда монтажных работ в зависимости от положения исполнителя и установки инструмента

№ по пор.	Наименование работ	Норма времени в мин при положении исполнителя						Значение коэффициента a при положении				
		исполнителя						инструмента				
		свобод- ное	стеснен- ное*	очень стеснен- ное	стеснен- ное**	очень стеснен- ное	очень стеснен- ное	стеснен- ное	очень стеснен- ное	сверху	перед собой	снизу
		t_1	t_4	t_7	t_6	t_9	$a_{мн4} = \frac{t_4}{t_1}$	$a_{мн7} = \frac{t_7}{t_1}$	$a_{мн6} = \frac{t_6}{t_1}$	$a_{мн9} = \frac{t_9}{t_1}$		
1	Установка коробок и щитков (размером 200×200 мм)	0,12	0,19	0,31	—	—	1,58	2,58	—	—	—	—
2	Установка электро- радиоаппаратуры (размером 200×200 мм)	0,37	0,67	0,91	—	—	1,81	2,46	—	—	—	—
3	Установка патрубков ($\varnothing$ 100 мм, длиной 100 мм)	0,09	0,14	—	—	—	1,56	—	—	—	—	—
4	Установка прокладок (размером 50 мм)	0,12	0,19	0,31	—	—	1,58	2,58	—	—	—	—
5	Установка пультов (размером 200×300 мм)	0,18	0,40	—	—	—	2,22	—	—	—	—	—
6	Установка баллонов ($\varnothing$ 200 мм, длиной 200 мм)	0,21	0,34	0,55	—	—	1,62	2,62	—	—	—	—
7	Установка моторов, фильтров, насосов и т. д. (размером 100×100 мм)	0,16	0,35	0,56	—	—	2,19	3,50	—	—	—	—
8	Установка предохранительных кожухов и защитных дуг (длиной 100 мм)	0,13	0,21	—	—	—	1,61	—	—	—	—	—

9	Установка крышек (длиною 200 мм с 2 замками)	0,17	0,34	—	—	—	2,00	—	—	—
10	Прокладка шланга через отверстие (длина протаскивания 500 мм через одно отверстие)	0,31	0,46	0,77	—	—	1,48	2,48	—	—
11	Протаскивание жгутов через отверстие (длина протаскивания 500 мм через одно отверстие)	0,18	0,27	0,40	—	—	1,50	2,22	—	—
12	Прокладка жгута по замкам (длина прокладки 500 мм с одним замком)	0,30	0,48	—	—	—	1,60	—	—	—
13	Прокладка жгутов в трубы (длина трубы 500 мм, $\varnothing$ жгута до 15 мм)	0,22	0,44	—	—	—	2,00	—	—	—
14	Обматывание жгута изоляционной лентой (длина обматывания до 20 мм, $\varnothing$ жгута 20 мм)	0,10	0,17	0,29	—	—	1,70	2,90	—	—
15	Обматывание жгута нитками ($\varnothing$ жгута 5 мм)	0,35	0,46	0,59	—	—	1,31	1,69	—	—
16	Крепление бирок на жгут ($\varnothing$ 10 мм)	0,22	0,35	—	—	—	1,59	—	—	—
17	Навинчивание накладных гаек на штепсельный разъем ($\varnothing$ резьбы гайки 20×1, длина навинчивания 10 мм)	0,35	0,56	2,28	—	—	1,60	6,51	—	—
18	Прокладка труб по точкам (длина трубы 400 мм, $\varnothing$ 8 мм)	0,27	0,34	—	—	—	1,26	—	—	—
19	Прокладка труб между деталями (длина трубы 400 мм, $\varnothing$ 8 мм)	0,32	0,42	0,50	—	—	1,31	1,56	—	—
20	Прокладка труб по точкам крепления с совмещением стыка труб (длина трубы 400 мм)	0,52	0,63	0,74	—	—	1,21	1,42	—	—
21	Прокладка труб по замкам (длина трубы 400 мм)	0,24	0,38	—	—	—	1,58	—	—	—
22	Прокладка труб по установленным хомутам с совмещением фланцев (длина трубы 400 мм)	0,48	0,63	—	—	—	1,31	—	—	—
23	Прокладка труб по хомутам с телескопическим соединением (длина трубы 400 мм, $\varnothing$ 20 мм)	0,45	0,64	—	—	—	1,43	—	—	—

№ по пор.		Наименование работ	Норма времени в мин при положении исполнителя						Значение коэффициента <i>a</i> при положении исполнителя					Продолжение		
			исполнителя						инструмента							
			свобод-ное	стен-но*	очень-но*	стен-но*	стен-но*	стен-но*	стен-но*	стен-но*	стен-но*	стен-но*	стен-но*	стен-но*	стен-но*	стен-но*
			t_1	t_4	t_7	t_6	t_9	$a_{\text{мн}4} = \frac{t_4}{t_1}$	$a_{\text{мн}7} = \frac{t_7}{t_1}$	$a_{\text{мн}6} = \frac{t_6}{t_1}$	$a_{\text{мн}9} = \frac{t_9}{t_1}$					
24		Дюритовое соединение труб ($\varnothing$ 15 мм)	2,40	3,22	4,09	—	—	1,34	1,70	—	—	—	—	—		
25		Разметка и зачистка мест под крепление хомутом ($\varnothing$ трубы 5 мм)	0,21	0,28	0,40	—	—	1,33	1,90	—	—	—	—	—		
26		Обматывание пучка труб изоляционной лентой ($\varnothing$ пучка труб 10 мм)	0,18	0,29	0,46	—	—	1,61	2,56	—	—	—	—	—		
27		Навинчивание накидных гаек (диаметр резьбы гайки 8×1)	0,33	0,52	1,21	0,62	1,42	1,58	3,67	1,88	—	—	—	4,30		
28		Навинчивание шурупов, угольников тройников с шагом резьбы 1 мм ($\varnothing$ детали 8—10 мм, длина навинчивания 5 мм)	0,22	0,35	—	0,41	—	1,59	—	1,86	—	—	—	—		
29		Прокладка троса через отверстие (диаметр троса—1, 3 и 5 мм, длина протаскивания 500 мм через одно отверстие)	0,22	0,35	0,57	—	—	1,59	2,59	—	—	—	—	—		
30		Прокладка тяг через отверстие (отверстие одно, длина тяги 500 мм)	0,21	0,33	0,54	—	—	1,57	2,57	—	—	—	—	—		
31		Крепление труб или жгутов одним хомутом и одним болтом (диаметр хомута до 20 мм, гайка простая)	0,89	1,14	1,51	—	—	1,28	1,70	—	—	—	—	—		

32	Крепление труб или жгутов двумя хомутами и одним болтом (диаметр хомута до 20 мм)	1,55	1,92	2,43	—	—	1,24	1,57	—	—
33	Ввинчивание винтов в детали отверткой (диаметр винта 3×0,5, длина ввинчивания 4 мм)	0,21	0,33	0,54	0,39	0,62	1,57	2,57	1,86	2,95
34	Ввинчивание самонарезающихся винтов отверткой (Ø болта 2,5—3×1, длина ввинчивания 6 мм)	0,18	0,28	0,46	0,30	0,49	1,55	2,55	1,67	2,72
35	Навинчивание простых и самоконтрящихся гаек на закрепленные болты торцовым ключом (Ø болта 10 мм)	0,21	0,34	0,55	0,39	0,63	1,62	2,62	1,86	3,00
36	Навинчивание самоконтрящихся гаек на закрепленные болты плоским ключом (Ø болта до 10 мм)	0,53	0,85	2,04	0,98	2,26	1,60	3,85	1,85	4,26
37	Ввинчивание болтов в простые закрепленные гайки плоским ключом (Ø болта до 10 мм)	0,45	0,72	1,62	0,83	1,87	1,60	3,60	1,84	4,15
38	Крепление болтом и простой гайкой с помощью отвертки или торцового ключа при поддержке гайки или болта другим ключом (Ø болта до 10 мм)	0,34	0,55	0,89	0,63	1,01	1,62	2,62	1,85	2,97
39	Крепление болтом и самоконтрящейся гайкой с помощью плоского ключа при поддержке болта другим ключом (плотная постановка болта Ø до 10 мм)	0,72	1,15	2,28	1,20	2,62	1,60	3,42	1,85	3,93
Общая сумма коэффициентов		—	—	—	—	—	61,34	72,01	16,52	28,28
Средняя величина коэффициентов		—	—	—	—	—	1,57	2,67	1,83	3,53

* При положении инструмента перед собой.

** При положении инструмента снизу.

Значение коэффициента изменения производительности труда $a_{\text{мн}}$
при переходе от нечлененной конструкции к члененной

Наименование монтажного узла		Члененная конструкция		Нечлененная конструкция		
		Норма времени в мин				
		раз-ряд	норма $t_{\text{мн1}}$	раз-ряд	норма $t_{\text{мн4}}$	$a_{\text{мн4}} = \frac{t_{\text{мн4}}}{t_{\text{мн1}}}$
Монтаж Ф-1	Коллектор приборов с колодками и тонкотрубной проводкой	4	1,3	5	2,0	1,54
	Гидропроводка, аварийный насос, жгуты щитка	4	2,1	5	3,2	1,52
	Установка АСШЛ 340	4	1,3	5	2,3	1,77
	Установка электролебедок Установка сиденья штурмана	5	3,4	6	5,2	1,53
	ЭСБР-6, ключ радиста, умформер	4	2,2	5	3,5	1,59
	Монтаж тонкотрубной проводки, агрегат запуска ПН-1, редуктор гидроприборов, коллектор питания приборов	4	3,2	5	5,3	1,66
	Монтаж мостика управления	4	2,0	5	3,0	1,50
	Монтаж управления	4	2,0	5	3,9	1,95
	Монтаж левой доски приборов радиооборудования, СПУ и управления АФА	4	1,2	5	2,3	1,92
	Монтаж ЦРЩ	4	2,9	5	4,4	1,52
$a_{\text{мн}}$ среднее по Ф-1		$a_{\text{ср. мн4}}=1,65$				

Наименование монтажного узла		Члененная конструкция		Нечлененная конструкция		
		Норма времени в мин				$a_{мн7} = \frac{t_{мн7}}{t_{мн1}}$
		раз-ряд	норма $t_{мн1}$	раз-ряд	норма $t_{мн7}$	
Монтаж Ф-3	Гидропроводка и электропроводка	4	1,7	5	4,0	2,35
	Управление самолетом и гидро-подъемник костыля	4	1,8	5	3,5	1,94
	Тяги управления и пружинные демпферы	4	1,2	5	2,7	2,25
	$a_{мн}$ среднее по Ф-3	$a_{ср. мн7} = 2,18$				

Сравнивались нормы времени $t_{мн4}$ и $t_{мн7}$, установленные после долголетнего производства нечлененной конструкции кабины летчика Ф-1 и хвостовой секции фюзеляжа Ф-3 в сборочных цехах серийного завода и нормы времени $t_{мн1}$, на выполнение одинаковых монтажей, полученных на панелированных конструкциях Ф-1 и Ф-3 модификации того же самолета в опытном цехе того же завода.

Величины норм $t_{мн4}$ и $t_{мн7}$, а также их отношения к $t_{мн1}$ приведены в табл. 19.

На основании данных этой таблицы видно, что среднее значение $a_{ср.мн4}$ для Ф-1 равно 1,65, а для Ф-3 $a_{ср.мн7} = 2,18$. Таким образом, перевод монтажных работ из условий секции на панель в опытном производстве дал весьма значительный эффект в повышении производительности труда.

Сравнивая относительные коэффициенты a монтажных и клепальных работ, получим

$$\frac{a_{ср.мн4}}{a_{ср.кл4}} = 1,36 \text{ и } \frac{a_{ср.мн7}}{a_{ср.кл7}} = 1,25,$$

т. е. и в этом примере переход от нечлененной конструкции к члененной увеличивает коэффициент производительности труда монтажных работ примерно на 30% по сравнению с клепальным.

Основываясь на этих цифрах норм на монтажные работы, можно сделать два очень важных вывода.

1. Перевод монтажных работ из условий замкнутой секции в условия открытой панели способствует значительному повышению производительности труда.

2. Можно принять, что $a_{\text{ср.мн}}$ (относительный коэффициент изменения производительности труда монтажных работ) выше $a_{\text{ср.кл}}$ (относительного коэффициента изменения производительности труда клепальных работ) примерно на 30%, т. е.

$$a_{\text{ср.мн}} = 1,3a_{\text{ср.кл}} \quad (29)$$

§ 11. ОТНОСИТЕЛЬНЫЙ КОЭФФИЦИЕНТ ИЗМЕНЕНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ТРУДА ПРИ ПЕРЕХОДЕ НА ПРЕССОВУЮ ГРУППОВУЮ КЛЕПКУ

Определим относительный коэффициент изменения производительности труда при переходе на прессовую групповую клепку. Этот коэффициент при механизации клепки, т. е. при переводе панельной клепки с пневморучной на прессовую равен $a_{\text{пр}} = \frac{t_{0.1}}{t_{0.\text{пр}}}$ где $t_{0.1}$ — как и прежде — общая норма времени на постановку одной заклепки при пневморучной клепке на панели, а $t_{0.\text{пр}}$ — общая норма времени при прессовой групповой клепке, тоже на панели, отнесенная к одной заклепке.

Однако в конечном итоге нас интересует изменение производительности труда не только при замене пневморучной клепки на панели прессовой групповой клепкой тоже на панели, но и при замене пневморучной клепки в секции на прессовую клепку на панели, т. е. отношение $a_{\text{пр}i} = t_{0.i}/t_{0.\text{пр}}$.

Так как $a_i = t_i/t_1$, то относительный коэффициент изменения производительности труда при замене ручной клепки в условиях секции на механическую прессовую групповую клепку панели можно представить и в таком виде:

$$a_{\text{пр}i} = \frac{t_{0.i}}{t_{0.\text{пр}}} \cdot \frac{t_{0.1}}{t_{0.1}} = \frac{t_{0.i}}{t_{0.\text{пр}}} \cdot \frac{t_{0.i}}{t_{0.1}} = a_{\text{пр}} \cdot a_i \quad (29a)$$

Заменяв a_i на $a_{\text{ср.кл.}i}$, можно по формуле (29a) определить $a_{\text{ср.пр}i}$.

Значения величины $a_{\text{ср.пр}i}$ даны в табл. 20.

Учитывая изменения величины a с изменением $d_{\text{зак}}$ и недостаточность данных о величине $d_{\text{зак}}$ при эскизном проектировании конструкции, принимаем для всех заклепок одну среднюю величину $d_{\text{зак}} = 6$ мм. При таком осреднении относительный коэффициент изменения производительности труда для разного вида работ будет иметь значения, приведенные в табл. 21.

§ 12. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СРЕДНЕГО ОТНОСИТЕЛЬНОГО КОЭФФИЦИЕНТА ИЗМЕНЕНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ТРУДА ПО ВСЕЙ СЕКЦИИ

При определении трудоемкости важно знать, как именно изменяются условия работы и производительность труда различных видов сборочных и монтажных работ в зависимости от места их

выполнения в секции (агрегате) и от величины диаметра последней.

Так как сведения, получаемые на основе эскизного проекта, весьма скудны, то удобно иметь для секции в целом средние величины относительного коэффициента изменения производительности труда по всем видам сборочных работ (определяемые на основе средних величин коэффициентов $a_{\text{ср.кл.}}$, $a_{\text{ср.мн}}$ и $a_{\text{ср.пр}}$).

В различных участках конструкции условия труда различны, а поэтому различны и затраты труда при производстве работ по сборке этих участков.

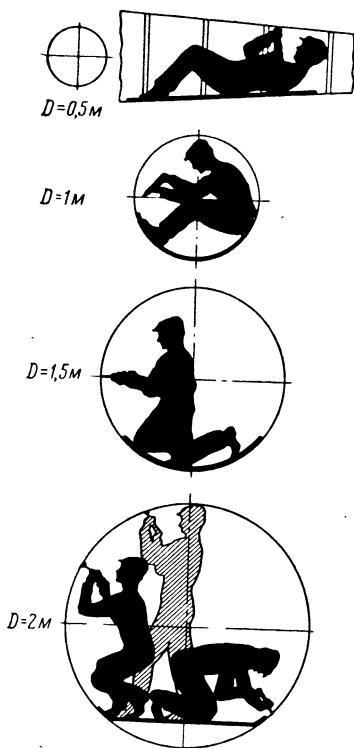


Рис. 11. Изменение условий труда в зависимости от диаметра секции

Условия труда значительно меняются главным образом в зависимости от размеров сечения секции и мало меняются по длине секции, за исключением случаев, когда секции представляют собой резко выраженный конус.

На рис. 11 показано, как меняются условия труда в зависимости от размеров сечения секций.

В сечениях секции $D=0,5\text{ м}$ можно работать только лежа, в

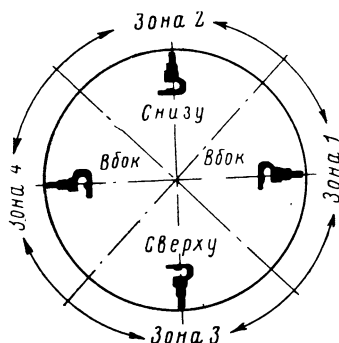


Рис. 12. Положение инструмента в зависимости от места выполнения работы

сечениях секции $D=1\text{ м}$ можно работать лежа, на коленях, на корточках.

В секции сечением от 2 до 4 м можно работать, пользуясь любой рабочей позой в зависимости от места работы в секции.

Инструмент в зависимости от места работы принимает положение перед собой, сверху, снизу, что, как известно, немедленно отзовется на производительности труда (рис. 12).

Значения $a_{\text{ср. пр. } i}$

Операция, обозначение времени, формулы	Диаметр заклепок в мм									
	3	4	5	6	7	8	9	10	Норма времени в мин	
Клепка прессовая	$t_{\text{пр}}$	0,008	0,010	0,014	0,021	0,027	0,033	0,041	0,049	
Сверление и зенковка	$t_{\text{пл. мех.}}$	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	
Общее время	$t_{\text{о. пр}}$	0,058	0,060	0,064	0,071	0,077	0,083	0,091	0,099	
Вставка заклепки и клепка	t_1	0,078	0,080	0,084	0,091	0,105	0,124	0,144	0,168	Табл. 3
Сверление и зенковка	$t_{\text{пл1}}$	0,086	0,096	0,143	0,189	0,245	0,351	0,404	0,523	Табл. 10
Общее время	$t_{\text{о1}}$	0,164	0,176	0,227	0,280	0,350	0,475	0,548	0,691	
$a_{\text{ср. пр1}} = \frac{t_{\text{о1}}}{t_{\text{о. пр}}} \cdot a_{\text{ср. кл1}}$		2,825	2,94	3,55	3,944	4,55	5,72	6,02	7,0	
$a_{\text{ср. пр2}} = \frac{t_{\text{о1}}}{t_{\text{о. пр}}} \cdot a_{\text{ср. кл2}}$		3,16	3,32	4,02	4,46	5,14	6,46	6,8	7,91	

$a_{ср. пр3} = \frac{t_{01}}{t_{0, пр}} \cdot a_{ср. кл3}$	4,43	4,61	5,57	6,19	7,15	8,98	9,44	11,0
$a_{ср. пр4} = \frac{t_{01}}{t_{0, пр}} \cdot a_{ср. кл4}$	3,55	3,7	4,41	4,97	5,73	7,2	7,59	8,82
$a_{ср. пр5} = \frac{t_{01}}{t_{0, пр}} \cdot a_{ср. кл5}$	3,81	3,97	4,79	5,33	6,14	7,71	8,12	9,45
$a_{ср. пр6} = \frac{t_{01}}{t_{0, пр}} \cdot a_{ср. кл6}$	5,52	5,76	6,95	7,73	8,92	10,92	11,5	13,38
$a_{ср. пр7} = \frac{t_{01}}{t_{0, пр}} \cdot a_{ср. кл7}$	4,9	5,12	6,18	6,86	7,91	9,94	10,46	12,0
$a_{ср. пр8} = \frac{t_{01}}{t_{0, пр}} \cdot a_{ср. кл8}$	6,88	7,17	8,66	9,62	11,1	13,92	14,68	17,06
$a_{ср. пр9} = \frac{t_{01}}{t_{0, пр}} \cdot a_{ср. кл9}$	8,87	9,22	11,12	12,4	14,3	17,95	18,9	22,0

Примечание. Норма $t_{пр}$ взята из расчета восьми ходов пресса в минуту при перемещении головки пресса на 200 мм. Количество одновременно расклепываемых заклепок: 60 при $d_{зак} = 3$ мм, 36 при $d_{зак} = 4$ мм, 22 при $d_{зак} = 5$ мм, 16 при $d_{зак} = 6$ мм, 8 при $d_{зак} = 8$ мм, 6 при $d_{зак} = 9$ мм, 4 при $d_{зак} = 10$ мм. Одиn ход пресса 0,125 мин. Норма $t_{пд. мех}$ относится к сверлению и зенкованию отверстий на сверльно-зенковальной установке. Значения $a_{ср. кл i}$ взяты из табл. 15.

Таблица 21

Средние значения относительного коэффициента производительности труда для всех норм на клепальные и монтажные работы

№ по пор.	Коэффициент	Условия работы Вид работ	Свободное		Стесненное		Очень стесненное			№ таб-лиц		
			перед собой	сверху	снизу	перед собой	сверху	снизу	I степ.		II степ.	III степ.
1	$a_{\text{ср. кл } i} = \frac{t_i}{t_1}$	Клепка ручная	1	1,13	1,57	1,26	1,35	1,96	1,74	2,44	3,14	15
2	$a_{\text{ср.о } i} = \frac{t_{oi}}{t_{oi}}$	Клепка с подготовкой отверстия	1	1,10	1,80	1,27	1,30	1,90	1,50	2,80	3,2	—
3	$a_{\text{ср.мн } i} = \frac{t_{\text{мн } i}}{t_{\text{мн } i}}$	Монтаж	1,3	—	2,04	1,64	—	2,55	2,26	—	4,08	—
4	$a_{\text{ср.пр } i} = \frac{t_{oi}}{t_{o, \text{пр}}} a_{\text{ср. кл } i}$	Клепка механическая прессовая	3,944	4,46	6,19	4,97	5,33	7,73	6,86	9,62	12,40	20
5	$a_{\text{ср.авт } i} = \frac{t_1}{t_{\text{авт}}}$	Клепка автоматическая	8,24	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Примечание. Классификация и обозначение условий работы взяты из табл. 4 и 17. Данные первой графы взяты из табл. 15, третья графа получена расчетом по формуле $a_{\text{ср. мн } i} = 1,3 a_{\text{ср. кл } i}$. Данные четвертой графы взяты из табл. 20 для $d_{\text{зак}} = 6$ мм. Во второй графе при вычислении $a_{\text{ср. о } i}$ значения t_{oi} взяты из табл. 13, а значения t_{oi} вычислены по методике, приведенной на примере определения t_{oi} в табл. 11. Аналогично определены величины t_{oi} , t_{oi} , t_{oi} , t_{oi} , t_{oi} и t_{oi} . В пятой графе при вычислении $a_{\text{ср. авт } i}$ взяты величины: $t_{oi} = 0,28$ мин (для $d_{\text{зак}} = 6$ мм, см. табл. 20), а $t_{\text{авт}} = 0,034$ мин [для автомата СКАП-ДКК (НИИТ-проект) при двух автоматических головках].

Таким образом, разбив всю поверхность секции на зоны с одинаковыми условиями труда, мы получим возможность оценить эффект повышения производительности труда для каждой зоны и затем для всей секции при переводе сборочных и монтажных работ из секции на панели.

В некоторой секции с размерами диаметра D и длиной L_c (рис. 13) можно различить следующие зоны: две зоны 1 с углом охвата φ_1 каждая, где можно работать стоя с положением инструмента перед собой. Соответствующую норму времени обозначим через t_1 ; две зоны 2 с углом охвата φ_2 каждая, где работа выполняется в положении стоя, инструмент снизу, норма времени

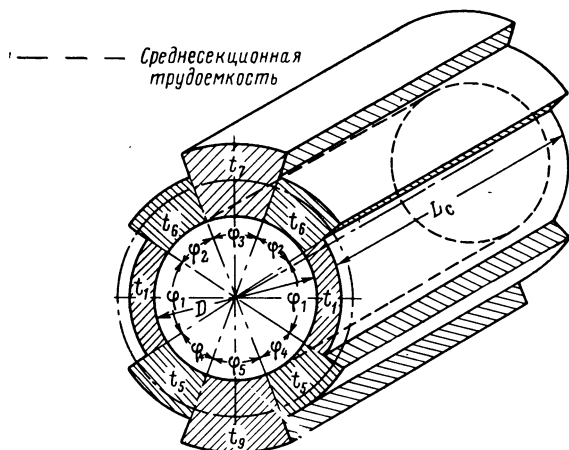


Рис. 13. Диаграмма распределения трудоемкости по зонам сечения секции; представленных в виде грузовых объемов

t_6 ; зона 3 с углом охвата φ_3 , где работа выполняется в положении стоя, инструмент снизу, норму времени примем равной t_7 , так как работа происходит при положении инструмента над головой; две зоны 4 с углом охвата φ_4 , где рабочий выполняет работу согнувшись или на коленях, инструмент сверху, норму времени обозначим через t_5 ; зона 5 с углом охвата φ_5 . Работа в этой зоне выполняется в положении лежа и на коленях, инструмент сверху, норма времени t_9 .

Если секция по форме представляет цилиндр или близка к цилиндру, то диаграмму трудоемкости удобно изобразить в виде грузовых объемов. Высота выступов сечения пропорциональна величине трудоемкости. Для конических секций следует брать средний диаметр и принимать секцию за цилиндр.

Так как все зоны имеют одну общую длину L_c , то размеры поверхностей зон будут пропорциональны длинам дуг l_i , соответствующих величинам центральных углов φ_i . Следовательно, мы можем написать, что условная трудоемкость любой зоны будет равна

$$T_{\varphi} = t \cdot l_i \cdot L_c \cdot k, \quad (30)$$

где k — коэффициент пропорциональности. Величины трудоемкости будут равны:

для двух зон 1

$$2T_{\varphi_1} = 2 \cdot l_1 \cdot L_c \cdot t_1 \cdot k,$$

для двух зон 2

$$2T_{\varphi_2} = 2 \cdot l_2 \cdot L_c \cdot t_6 \cdot k,$$

для зоны 3

$$T_{\varphi_3} = l_3 \cdot L_c \cdot t_7 \cdot k,$$

для двух зон 4

$$2T_{\varphi_4} = 2 \cdot l_4 \cdot L_c \cdot t_5 \cdot k,$$

для зоны 5

$$T_{\varphi_5} = l_5 \cdot L_c \cdot t_9 \cdot k.$$

Общая трудоемкость работ на секции в нечлененном варианте, за исключением швов стыковки панелей будет равна сумме трудоемкостей соответствующих зон:

$$\begin{aligned} T_n &= 2T_{\varphi_1} + 2T_{\varphi_2} + T_{\varphi_3} + 2T_{\varphi_4} + T_{\varphi_5} = \\ &= 2l_1 L_c \cdot t_1 \cdot k + 2l_2 \cdot L_c \cdot t_6 k + l_3 \cdot L_c \cdot t_7 \cdot k + \\ &+ 2l_4 \cdot L_c \cdot t_5 \cdot k + l_5 \cdot L_c \cdot t_9 \cdot k = L_c \cdot k \sum_1^n l_i \cdot t_i, \end{aligned}$$

где n — число слагаемых.

В то же время условная трудоемкость при сборке всех панелей такой же секции в члененном варианте будет равна

$$T_{\pi} = \pi \cdot D \cdot t_1 \cdot L_c \cdot k.$$

Следовательно, относительный среднесекционный коэффициент производительности клепальных работ будет

$$a_{\text{ср. с. кл}} = \frac{T_n}{T_{\pi}} = \frac{L_c k [2(l_1 t_1 + l_2 t_6 + l_4 t_5) + l_3 t_7 + l_5 t_9]}{\pi \cdot D \cdot t_1 L_c k}.$$

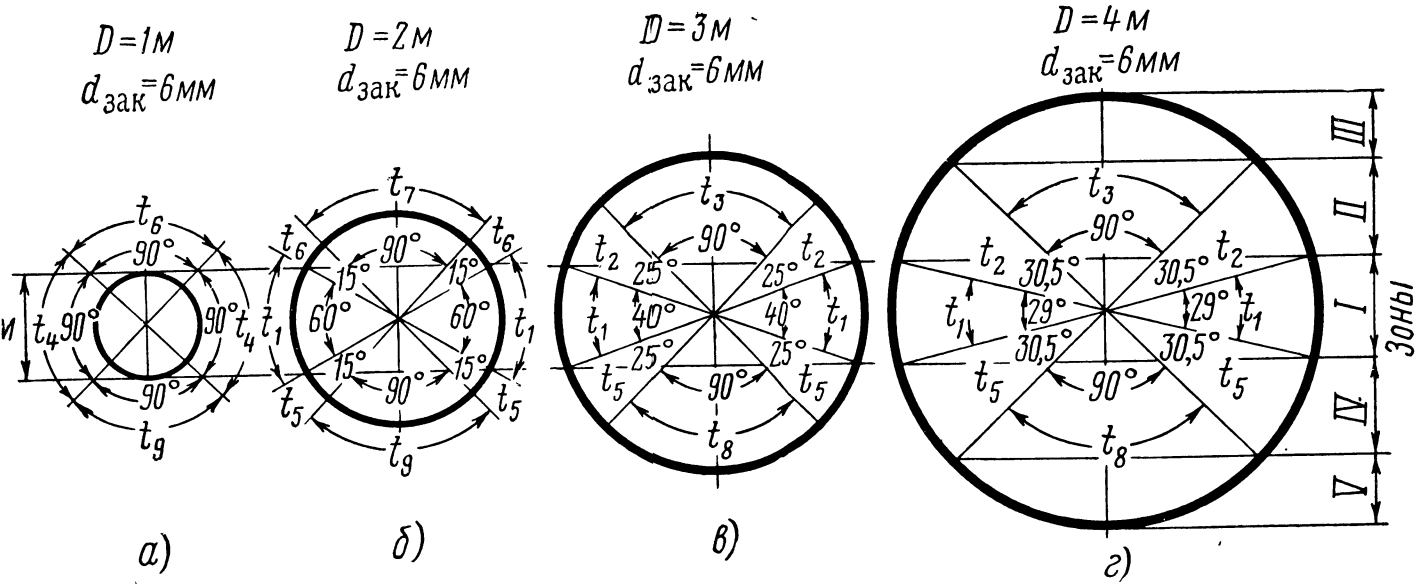


Рис. 14. Методика расчета коэффициентов производительности труда $a_{\text{ср.с.кл}}$, $a_{\text{ср.с.мн}}$, $a_{\text{ср.с.пр}}$ и $a_{\text{ср.с.авт}}$ по условной трудоемкости

Расчетные величины	Расчетные формулы	D	1 м	2 м	3 м	4 м
		$d_i \backslash d_{\text{зак}}$	6 мм	6 мм	6 мм	6 мм
Условная трудоемкость T_y	$T_{\varphi i}^{\circ} = t_i \cdot l_{\varphi i}^{\circ}$	t_1		$2T_{\varphi 10} = t_1 2l_{\varphi 10} = 1 \times 2,09 = 2,09$	$2T_{\varphi 10} = t_1 2l_{\varphi 10} = 1 \times 2,09 = 2,09$	$2T_{\varphi 10} = t_1 2l_{\varphi 10} = 1 \times 2,023 = 2,023$
		t_2			$2T_{\varphi 25} = t_2 2l_{\varphi 25} = 1,1 \times 1,308 = 1,44$	$2T_{\varphi 30,5} = t_2 2l_{\varphi 30,5} = 1,1 \times 2,128 = 2,34$
		t_3			$T_{\varphi 90} = t_3 l_{\varphi 90} = 1,8 \times 2,355 = 4,24$	$T_{\varphi 90} = t_3 l_{\varphi 90} = 1,8 \times 3,14 = 5,65$
		t_4	$2T_{\varphi 90} = t_4 2l_{\varphi 90} = 1,27 \times 1,57 = 1,99$			
		t_5		$2T_{\varphi 15} = t_5 2l_{\varphi 15} = 1,30 \times 0,523 = 0,68$	$2T_{\varphi 25} = t_5 2l_{\varphi 25} = 1,30 \times 1,308 = 1,70$	$2T_{\varphi 30,5} = t_5 2l_{\varphi 30,5} = 1,3 \times 2,128 = 2,72$
		t_6	$T_{\varphi 90} = t_6 l_{\varphi 90} = 1,90 \times 0,785 = 1,49$	$2T_{\varphi 15} = t_6 2l_{\varphi 15} = 1,90 \times 0,523 = 0,99$		
		t_7		$T_{\varphi 90} = t_7 l_{\varphi 90} = 1,50 \times 1,57 = 2,36$		
		t_8			$T_{\varphi 90} = t_8 l_{\varphi 90} = 2,80 \times 2,355 = 6,59$	$T_{\varphi 90} = t_8 l_{\varphi 90} = 2,8 \times 3,14 = 8,79$
		t_9	$T_{\varphi 90} = t_9 l_{\varphi 90} = 3,2 \times 0,785 = 2,51$	$T_{\varphi 90} = t_9 l_{\varphi 90} = 3,2 \times 1,57 = 5,02$		
	$T_{\text{н.у}} = \sum_1^n t_i l_{\varphi i}^{\circ}$		$T_{\text{н.у}} = 5,99$	$T_{\text{н.у}} = 11,14$	$T_{\text{н.у}} = 16,06$	$T_{\text{н.у}} = 21,57$
	$T_{\text{п.у}} = \pi \cdot D$		$T_{\text{п.у}} = 3,14 \times 1 = 3,14$	$T_{\text{п.у}} = 3,14 \times 2 = 6,28$	$T_{\text{п.у}} = 3,14 \times 3 = 9,42$	$T_{\text{п.у}} = 3,14 \times 4 = 12,56$
Коэффициент производительности труда	$a_{\text{ср.с.кл}} = \frac{T_{\text{н.у}}}{T_{\text{п.у}}} = \frac{\sum_1^n t_i \cdot l_{\varphi i}^{\circ}}{\pi \cdot D}$		$a_{\text{ср.с.кл}} = \frac{5,99}{3,14} = 1,91$	$a_{\text{ср.с.кл}} = \frac{11,14}{6,28} = 1,775$	$a_{\text{ср.с.кл}} = \frac{16,06}{9,42} = 1,70$	$a_{\text{ср.с.кл}} = \frac{21,57}{12,56} = 1,717$
	$a_{\text{ср.с.мн}} = 1,3 a_{\text{ср.с.кл}}$		$a_{\text{ср.с.мн}} = 1,3 \times 1,91 = 2,48$	$a_{\text{ср.с.мн}} = 1,3 \times 1,775 = 2,31$	$a_{\text{ср.с.мн}} = 1,3 \times 1,70 = 2,21$	$a_{\text{ср.с.мн}} = 1,3 \times 1,717 = 2,23$
	$a_{\text{ср.с.пр}} = a_{\text{ср.пр}} a_{\text{ср.с.кл}}$		$a_{\text{ср.с.пр}} = 3,944 \times 1,91 = 7,53$	$a_{\text{ср.с.пр}} = 3,944 \times 1,775 = 7,0$	$a_{\text{ср.с.пр}} = 3,944 \times 1,70 = 6,7$	$a_{\text{ср.с.пр}} = 3,944 \times 1,717 = 6,77$
	$a_{\text{ср.с.авт}} = a_{\text{ср.авт}} a_{\text{ср.с.кл}}$		$a_{\text{ср.с.авт}} = 8,24 \times 1,91 = 15,73$	$a_{\text{ср.с.авт}} = 8,24 \times 1,775 = 14,62$	$a_{\text{ср.с.авт}} = 8,24 \times 1,70 = 14,0$	$a_{\text{ср.с.авт}} = 8,24 \times 1,717 = 14,14$

Примечание. Коэффициенты $a_{\text{ср.пр}_i}$ и $a_{\text{ср.авт}_i}$ взяты из табл. 21.

Зак. 225.

Это уравнение можно представить в следующем виде

$$a_{\text{ср.с.кл}} = \frac{T_n}{T_n} = \frac{L_c \cdot k \cdot \sum_1^n l_i \cdot t_i}{\pi \cdot D \cdot L_c \cdot t_1 \cdot k},$$

или, сокращая общие множители L_c, k , получим

$$a_{\text{ср.с.кл}} = \frac{\sum_1^n l_i \cdot t_i}{\pi \cdot D \cdot t_1}. \quad (31)$$

Зная $a_{\text{ср.с.кл}}$ — среднесекционный коэффициент производительности клепальных работ, получим согласно (29 и 29а)

$$a_{\text{ср.с.мн}} = 1,3 a_{\text{ср.с.кл}}, \quad (32)$$

$$a_{\text{ср.с.пр}} = a_{\text{пр}} \cdot a_{\text{ср.с.кл}}, \quad (32а)$$

$$a_{\text{ср.с.авт}} = a_{\text{авт}} \cdot a_{\text{ср.с.кл}}. \quad (32б)$$

Методика и пример расчета величин $a_{\text{ср.с.кл}}$, $a_{\text{ср.с.пр}}$, $a_{\text{ср.с.авт}}$ и $a_{\text{ср.с.мн}}$ даны на рис. 14.

Глава III

ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ТРУДОЕМКОСТИ

§ 13. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТРУДОЕМКОСТИ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СБОРОЧНЫХ СХЕМАХ

Как показала практика производства, на величину трудоемкости и цикла сборочных работ существенное влияние оказывают конструкция изделия, условия, в которых происходит сборочная работа и, наконец, организация производственного процесса сборки. Конструкция изделия, технология и организация работ являются главнейшими факторами, характеризующими процесс сборки.

Ранее нами были рассмотрены наиболее часто применяемые в самолетостроении схемы сборочного процесса. С целью сравнения экономических показателей производства следует выбрать составляющие сборочного процесса, которые в различных комбинациях могли бы охарактеризовать любую сборочную схему.

Трудоемкость сборочных работ нечлененной на панели секции может быть разложена на следующие составляющие:

- $T_{н1}$ — трудоемкость подготовки отверстий под клепку деталей и узлов продольного набора;
 $T_{н2}$ — трудоемкость склепывания деталей и узлов продольного набора с обшивкой;
 $T_{н3}$ — трудоемкость подготовки отверстий под клепку деталей и узлов поперечного набора;
 $T_{н4}$ — трудоемкость работ по клепке деталей и узлов поперечного набора с обшивкой;
 $T_{н5} (T_{н.мн})$ — трудоемкость работ по монтажу предметов обихода и различных установок в условиях секции.

Общая трудоемкость сборки нечлененной секции может быть представлена как сумма частных трудоемкостей процесса сборки:

$$T_n = T_{н1} + T_{н2} + T_{н3} + T_{н4} + T_{н5}. \quad (33)$$

Графически трудоемкость нечлененной секции представлена на рис. 15, а.

Для секции, члененной на панели, трудоемкость сборки секции может быть разбита на следующие составляющие:

- $T_{п1}$ — трудоемкость работы по подготовке отверстий под клепку обшивки панели с деталями и узлами продольного набора;
 $T_{п2}$ — трудоемкость клепки обшивки панелей с деталями и узлами продольного набора;
 $T_{п3}$ — трудоемкость работ по подготовке отверстий под клепку деталей и узлов поперечного набора панелей;
 $T_{п4}$ — трудоемкость клепки деталей и узлов поперечного набора панели с обшивкой;
 $T_{п5} (T_{п.мн})$ — трудоемкость монтажных работ на панелях секции члененной конструкции (для схем сборки А, В и Д);
 T_c — трудоемкость работ, выполняемых в условиях секции.

Для схем сборки А, В и Д в T_c включаются работы:

- а) стыковка панелей между собой продольными швами для получения секции $T_{с.кл.}$,
 б) стыковочные и доводочные работы монтажей, ранее выполненные на панелях $T_{с.мн.}$.

Будем обозначать для этих схем T_c как $T_{с.А.}$

Для схем сборки Б, Г и Е в T_c включаются работы:

- а) стыковка панелей между собой продольными швами для получения секции $T_{с.кл.}$,
 б) весь объем монтажных работ $T_{мн.}$, равный объему монтажных работ, выполняемых при нечлененной конструкции $T_{н5} (T_{н.мн})$.

Для этих схем T_c будем обозначать как $T_{с.Б.}$

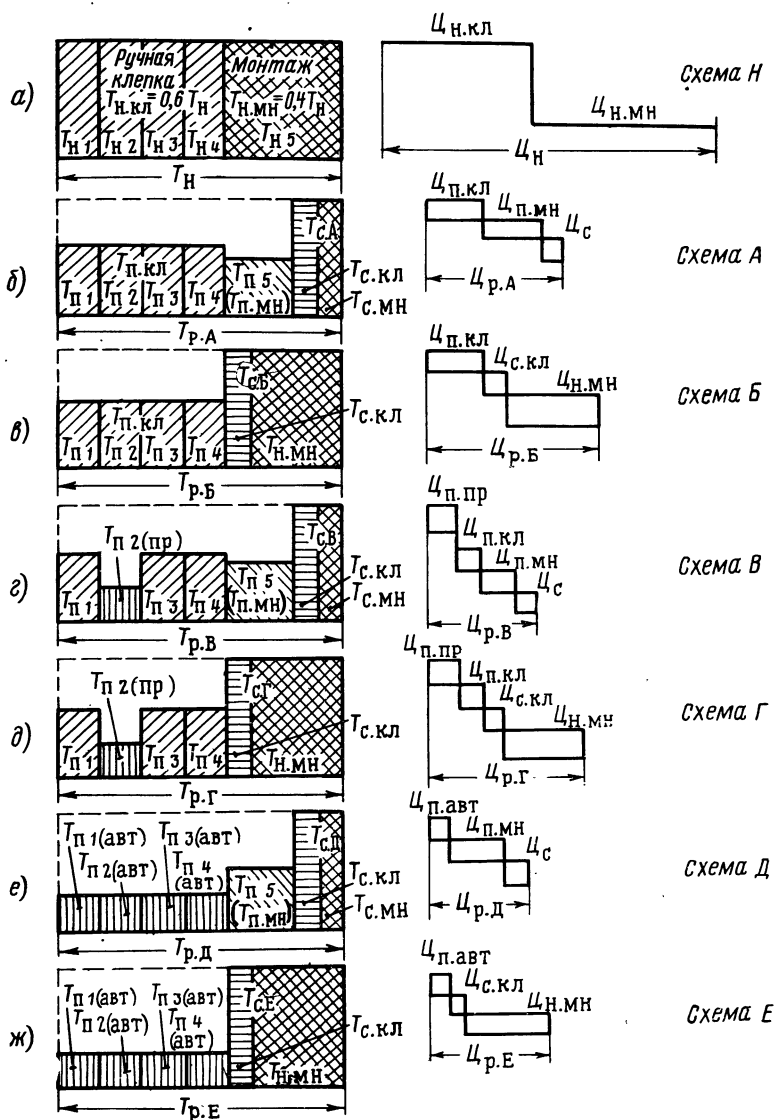


Рис. 15. Графическое изображение трудоемкостей и циклов при различных схемах сборки секции

Общая трудоемкость сборки секции, члененной на панели, будет равна:

$$T_p = T_{п1} + T_{п2} + T_{п3} + T_{п4} + T_{п5} + T_c. \quad (34)$$

Частные трудоемкости сборочного процесса от $T_{н1}$ до $T_{н5}$ и от $T_{п1}$ до T_c будут составлять какую-то часть от величины общей трудоемкости нечлененной конструкции T_n , которая нами условно принята за эталон (единицу) трудоемкости.

Введем следующие относительные коэффициенты, обозначающие отношения частных трудоемкостей к общей трудоемкости процесса сборки нечлененной секции:

а) для не члененной на панели секции:

$$\frac{T_{н1}}{T_n} = \tau_{н1}, \quad (35)$$

$$\frac{T_{н2}}{T_n} = \tau_{н2}, \quad (36)$$

$$\frac{T_{н3}}{T_n} = \tau_{н3}, \quad (37)$$

$$\frac{T_{н4}}{T_n} = \tau_{н4}, \quad (38)$$

$$\frac{T_{н5}}{T_n} = \tau_{н5} = \xi. \quad (39)$$

б) для члененной на панели секции:

$$\frac{T_{п1}}{T_n} = \tau_{п1}, \quad (40)$$

$$\frac{T_{п2}}{T_n} = \tau_{п2}, \quad (41)$$

$$\frac{T_{п3}}{T_n} = \tau_{п3}, \quad (42)$$

$$\frac{T_{п4}}{T_n} = \tau_{п4}, \quad (43)$$

$$\frac{T_{п5}}{T_n} = \tau_{п5}, \quad (44)$$

$$\frac{T_c}{T_n} = \psi_i, \quad (45)$$

где ψ_i — коэффициент, указывающий, какую часть T_c составляет от T_n (см. формулу 7). Для схем А, В, Д будем обозначать ψ как ψ_A , а для схем Б, Г и Е — как ψ_B .

Цикл сборочных работ нечлененной секции U_n может быть разбит на составляющие:

U_{n1} — цикл работ по подготовке отверстий под клепку продольного набора с обшивкой;

U_{n2} — цикл работ по клепке продольного набора с обшивкой;

U_{n3} — цикл работ по подготовке к клепке поперечного набора;

U_{n4} — цикл работ по клепке поперечного набора;

U_{n5} ($U_{n.mn}$) — цикл работ по монтажу.

Общий цикл сборки нечлененной секции будет равен сумме частных циклов:

$$U_n = U_{n1} + U_{n2} + U_{n3} + U_{n4} + U_{n5}. \quad (46)$$

Цикл сборочных работ члененной секции U_p соответственно состоит из следующих частных циклов:

U_{p1} — цикл работ на одной панели по подготовке отверстий под клепку обшивки с продольным набором;

U_{p2} — цикл работ по клепке обшивки панели с продольным набором;

U_{p3} — цикл работ на одной панели по подготовке отверстий под клепку обшивки с поперечным набором;

U_{p4} — цикл работ по клепке обшивки панели с поперечным набором;

U_{p5} ($U_{p.mn}$) — цикл монтажных работ на панели (для схем сборки А, В и Д);

U_c — цикл работ, выполняемых в условиях секции и состоящий из двух частей;

для схем А, В, Д

а) из цикла стыковки панелей между собою продольными швами — $U_{c.кл.}$;

б) из цикла стыковки монтажей — $U_{c.мн.}$;

для схем Б, Г и Е

а) из цикла стыковки панелей между собой продольными швами — $U_{c.кл.}$;

б) из цикла всего объема монтажных работ — $U_{мн.}$

Общий цикл сборки секции, члененной на панели, будет равен сумме частных циклов:

$$U_p = U_{p1} + U_{p2} + U_{p3} + U_{p4} + U_{p5} + U_c^*. \quad (47)$$

Перейдем к изучению отдельных сборочных схем.

* При определении суммарного цикла U_p величины U_{p1} , U_{p2} , U_{p3} и U_{p4} берутся наибольшими из соответствующих циклов всех панелей. Панели собираются параллельно.

Схема А

На рис. 15, б графически представлены трудоемкость сборки $T_{р.А}$ и цикл сборки $U_{р.А}$, соответствующие сборочной схеме А. Сумма трудоемкостей $T_{п1}$, $T_{п2}$, $T_{п3}$, $T_{п4}$ представляет клепально-сборочные работы на панелях, трудоемкость $T_{п5}$ — монтажные работы на панелях, трудоемкость $T_{с.кл}$ — объем стыковочных клепальных работ, трудоемкость $T_{с.мн}$ — стыковочные монтажные работы (доделки монтажа, выполненного ранее на панелях), сумма $T_{с.кл}$ и $T_{с.мн}$ составляет трудоемкости работ, выполняемых в условиях секции $T_{с.А}$.

Зная, что $T_{с.А} = \psi_A \cdot T_H$, можно общую трудоемкость по схеме А представить следующим уравнением:

$$T_{р.А} = T_{п1} + T_{п2} + T_{п3} + T_{п4} + T_{п5} + \psi_A \cdot T_H$$

и соответственно цикл сборки будет

$$U_{р.А} = U_{п1} + U_{п2} + U_{п3} + U_{п4} + U_{п5} + \psi_A \cdot U_H.$$

Схема В

График трудоемкости схемы В отличается от схемы А тем, что благодаря применению прессовой групповой клепки панели при склепывании стрингеров с обшивкой $T_{р.В}$ всегда будет несколько меньше $T_{р.А}$. На рис. 15, г трудоемкость $T_{п2(пр)}$ наименьшая благодаря механизации процесса и будет выражена уравнением

$$T_{р.В} = T_{п1} + T_{п2(пр)} + T_{п3} + T_{п4} + T_{п5} + \psi_A \cdot T_H,$$

а цикл — уравнением

$$U_{р.В} = U_{п1} + U_{п2(пр)} + U_{п3} + U_{п4} + U_{п5} + \psi_A \cdot U_H.$$

Индекс «пр» трудоемкости $T_{п2}$ и цикла $U_{п2}$ означает, что клепальные работы при клепке стрингеров к обшивке в этом цикле механизированы.

Схема Д

В схеме Д (см. рис. 15, е) предусматривается полная механизация клепки всех элементов продольного и поперечного набора с обшивкой. Достигается это применением пресса-комбайна (автомата), который готовит отверстия, зенкует их, а затем производит расклепывание заклепок несколькими сверлильно-зенковально-клепальными головками.

Уравнение трудоемкости в этом случае будет иметь вид

$$T_{р.Д} = T_{п1(авт)} + T_{п2(авт)} + T_{п3(авт)} + T_{п4(авт)} + T_{п5} + T_{с.Д}.$$

Зная, что $T_{с.Д} = \psi_A \cdot T_H$ и обозначив сумму

$$[T_{п1(авт)} + T_{п2(авт)} + T_{п3(авт)} + T_{п4(авт)}]$$

через $T_{п(авт)}$, можно написать

$$T_{р.д} = T_{п(авт)} + T_{п5} + \psi_A \cdot T_H.$$

Цикл сборки соответственно будет равен

$$U_{р.д} = U_{п(авт)} + U_{п5} + \psi_A \cdot U_H^*.$$

На рис. 15, е сумма трудоемкостей $T_{с.кл}$ и $T_{с.мн}$ представляет собой трудоемкость T_c стыковочных работ по клепке и монтажу, выполняемых в условиях секции.

Схема Б

При этой схеме сборки членение конструкции на панели используется только при сборке панелей, а монтажные работы выполняются в условиях секции. Трудоемкость сборочных работ представлена на рис. 15, в суммой трудоемкостей $T_{п1}$, $T_{п2}$, $T_{п3}$, $T_{п4}$. Трудоемкость монтажных работ $T_{с.мн}$ равновелика трудоемкости монтажа в нечлененной секции $T_{н5}$. Трудоемкость стыковки панелей $T_{с.кл}$ составляет долю δ трудоемкости T_c , т. е. $T_{с.кл} = \delta \cdot T_c$.

Общая трудоемкость сборки секции по схеме Б будет представлена уравнением $T_{р.Б} = T_{п1} + T_{п2} + T_{п3} + T_{п4} + T_{н5} + T_{с.кл}$. В этом уравнении сумма членов $T_{н5}$ и $T_{с.кл}$ выражает трудоемкость работ, выполненных для схем Б, Г и Е в условиях секции, ранее нами обозначена как $T_{с.Б}$. Но из уравнения (45) $T_{с.Б} = \psi_B \cdot T_H$. Окончательно можно написать, что

$$T_{р.Б} = T_{п1} + T_{п2} + T_{п3} + T_{п4} + \psi_B \cdot T_H$$

и цикл сборки для схемы Б соответственно будет

$$U_{р.Б} = U_{п1} + U_{п2} + U_{п3} + U_{п4} + \psi_B \cdot U_H.$$

Схема Г

Схема Г представлена на рис. 15, д. Эта схема отличается от схемы Б только тем, что клепка продольного набора панели с обшивкой выполняется на прессе групповой клепки.

Схема Е

Схема Е представлена на рис. 15, ж. Эта схема отличается от схем Б и Г тем, что вся работа по сборке панелей механизирована с помощью такого же пресса-комбайна (автомата), как и в схеме Д, вследствие чего сильно снижается трудоемкость сборочно-клепальных работ по сборке панелей.

* Справедливость равенства $U_{ci} = \psi_i \cdot U_H$ будет показана в § 19.

§ 14. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОТНОСИТЕЛЬНЫХ КОЭФФИЦИЕНТОВ ЧАСТНЫХ ТРУДОЕМКОСТЕЙ СБОРОЧНЫХ РАБОТ НЕЧЛЕНЕННОЙ СЕКЦИИ:

$\tau_{н1}, \tau_{н2}, \tau_{н3}, \tau_{н4}$ и $\tau_{н5}$

$$\text{Определение } \tau_{н1} = \frac{T_{н1}}{T_n}$$

Относительное количество отверстий в стрингерах будет равно

$$\frac{n_{стр} \cdot z_{стр}}{z_c}, *$$

где $n_{стр}$ — число стрингеров в секции;
 $z_{стр}$ — число отверстий в одном стрингере;
 z_c — общее число отверстий в секции.

Относительная величина затраты труда на подготовку одного отверстия будет определяться отношением нормы оперативного времени на сверление, рассверливание и зенкование отверстия под заклепку $t_{пд\ i}$ к общей норме на постановку одной заклепки (полной нормы) $t_{o\ i}$, т. е. $t_{пд\ i}/t_{o\ i}$.

Положив трудоемкость клепальных работ на нечлененной секции, равной доле δ трудоемкости всех работ при ее сборке, т. е. $\delta \cdot T_n$, мы можем написать

$$T_{н1} = \frac{z_{стр} \cdot n_{стр}}{z_c} \cdot \frac{t_{пд\ i}}{t_{o\ i}} \cdot \delta \cdot T_n.$$

Подставляя это выражение в $\tau_{н1}$, получим

$$\tau_{н1} = \frac{T_{н1}}{T_n} = \frac{n_{стр} \cdot z_{стр}}{z_c} \cdot \frac{t_{пд\ i}}{t_{o\ i}} \cdot \delta. \quad (48)$$

$$\text{Определение величины } \tau_{н2} = \frac{T_{н2}}{T_n}$$

Трудоемкость работ по приклепке стрингеров к обшивке будет равна относительному числу заклепок $n_{стр} \cdot z_{стр}/z_c$, умноженному на относительное оперативное время расклепывания одной заклепки $t_i/t_{o\ i}$ и на трудоемкость всех клепальных работ по секции $\delta \cdot T_n$, т. е.

$$T_{н2} = \frac{n_{стр} \cdot z_{стр}}{z_c} \cdot \frac{t_i}{t_{o\ i}} \cdot \delta \cdot T_n.$$

Подставляя это выражение в $\tau_{н2}$, получим

$$\tau_{н2} = \frac{T_{н2}}{T_n} = \frac{n_{стр} \cdot z_{стр}}{z_c} \cdot \frac{t_i}{t_{o\ i}} \cdot \delta. \quad (49)$$

* Следует иметь в виду, что количество отверстий в секции

$$z_c = n_{стр} \cdot z_{стр} + n_{шп} \cdot z_{шп},$$

где $n_{шп}$ — количество шпангоутов;

$z_{шп}$ — количество отверстий в одном шпангоуте.

$$\text{Определение величины } \tau_{н3} = \frac{T_{н3}}{T_{н}}$$

Подготовка отверстий для клепки обшивки к шпангоутам требует затраты труда $T_{н3}$, равной

$$T_{н3} = \frac{n_{шп} \cdot z_{шп}}{z_c} \cdot \frac{t_{пл i}}{t_{oi}} \cdot \delta \cdot T_{н},$$

где $t_{пл i}$ — норма оперативного времени на подготовку одного отверстия;

t_{oi} — общая норма на постановку одной заклепки.

Подставляя это в $\tau_{н3}$, получим

$$\tau_{н3} = \frac{T_{н3}}{T_{н}} = \frac{n_{шп} \cdot z_{шп}}{z_c} \cdot \frac{t_{пл i}}{t_{oi}} \cdot \delta. \quad (50)$$

$$\text{Определение величины } \tau_{н4} = \frac{T_{н4}}{T_{н}}$$

Клепка шпангоутов к обшивке потребует трудоемкости, равной

$$T_{н4} = \frac{n_{шп} \cdot z_{шп}}{z_c} \cdot \frac{t_i}{t_{oi}} \cdot \delta \cdot T_{н},$$

и относительный коэффициент $\tau_{н4}$ будет равен

$$\tau_{н4} = \frac{T_{н4}}{T_{н}} = \frac{n_{шп} \cdot z_{шп}}{z_c} \cdot \frac{t_i}{t_{oi}} \cdot \delta. \quad (51)$$

$$\text{Определение величины } \tau_{н5} = \frac{T_{н5}}{T_{н}}$$

Из формулы (39) видно, что $\tau_{н5} = \xi$.

Сумма относительных коэффициентов $\tau_{н1} + \tau_{н2} + \tau_{н3} + \tau_{н4} + \tau_{н5} = 1$, что видно из следующего:

$$\begin{aligned} \tau_{н1} + \tau_{н2} + \tau_{н3} + \tau_{н4} + \tau_{н5} &= \frac{n_{стр} \cdot z_{стр}}{z_c} \cdot \frac{t_{пл i}}{t_{oi}} \cdot \delta + \\ &+ \frac{n_{стр} \cdot z_{стр}}{z_c} \cdot \frac{t_i}{t_{oi}} \cdot \delta + \frac{n_{шп} \cdot z_{шп}}{z_c} \cdot \frac{t_{пл i}}{t_{oi}} \cdot \delta + \\ &+ \frac{n_{шп} \cdot z_{шп}}{z_c} \cdot \frac{t_i}{t_{oi}} \cdot \delta + \xi = \frac{\delta}{z_c \cdot t_{oi}} [n_{стр} \cdot z_{стр} (t_{пл i} + t_i) + \\ &+ n_{шп} \cdot z_{шп} (t_{пл i} + t_i)] + \xi = \frac{\delta \cdot z_c \cdot t_{oi}}{z_c \cdot t_{oi}} + \xi = \delta + \xi = 1. \end{aligned}$$

Пользуясь средними конструктивными параметрами, приведенными в табл. 2, можно составить таблицу значений $\tau_{н1}$, $\tau_{н2}$, $\tau_{н3}$, $\tau_{н4}$, $\tau_{н5}$ для нескольких диаметров фюзеляжа, сумма которых всегда должна быть равна единице. Эти значения даны в табл. 22.

**Значение относительных коэффициентов $\tau_{н1}$, $\tau_{н2}$, $\tau_{н3}$, $\tau_{н4}$ и $\tau_{н5}$
в зависимости от величины диаметра фюзеляжа**

D в м Кoeffи- циенты	0,5	1	2	3	4	Вид работы
$\tau_{н1}$	0,209	0,209	0,211	0,236	0,248	Подготовка отверстий в стрингерах
$\tau_{н2}$	0,189	0,189	0,177	0,139	0,124	Приклепка стрингеров к обшивке
$\tau_{н3}$	0,106	0,106	0,115	0,142	0,157	Изготовление отверстий в шпангоутах
$\tau_{н4}$	0,096	0,096	0,093	0,083	0,090	Клепка по шпангоутам
$\tau_{н5}$	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	Монтажные работы
$\tau_{н5}$ $\sum$ $\tau_{н1}$	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	

§ 15. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОТНОСИТЕЛЬНЫХ КОЭФФИЦИЕНТОВ ЧАСТНЫХ ТРУДОЕМКОСТЕЙ СБОРОЧНЫХ РАБОТ ЧЛЕНЕННОЙ СЕКЦИИ:

$\tau_{п1}$, $\tau_{п2}$, $\tau_{п3}$, $\tau_{п4}$ и $\tau_{п5}$

Для удобства рассуждений и выполнения математических выкладок введем понятие трудоемкости работ по сборке панелей в условиях секции $T_{н(п)}$, т. е. той части работ, трудоемкость которых при переходе на панель изменяется. Она будет равна трудоемкости сборки нечлененной секции T_n за вычетом трудоемкости $T_{с.кл.}$, затрачиваемой на выполнение тех работ, которые соответствуют работам, выполняемым при стыковке панелей, как если бы секция была членена, т. е.

$$T_{н(п)} = T_n - T_{с.кл.}$$

Зная, что $T_{с.кл.} = \psi_i \cdot T_n$, можем написать

$$T_{н(п)} = T_n - \psi_i \cdot T_n = T_n (1 - \psi_i). \quad (52)$$

Это значит, что трудоемкость сборки панелей в условиях секции по величине в $(1 - \psi)$ раз меньше трудоемкости сборочных работ всей нечлененной секции.

Эта часть $T_{н(п)} = T_{н}(1-\psi)$ при переходе к панельной сборке распадается на трудоемкости, пропорциональные $\tau_{н1}$, $\tau_{н2}$, $\tau_{н3}$, $\tau_{н4}$ и $\tau_{н5}$, но меньше их в $(1-\psi)$ раз. Отсюда следует, что

$$\tau_{н1(п)} = \tau_{н1}(1 - \psi_i),$$

$$\tau_{н2(п)} = \tau_{н2}(1 - \psi_i),$$

$$\tau_{н3(п)} = \tau_{н3}(1 - \psi_i),$$

$$\tau_{н4(п)} = \tau_{н4}(1 - \psi_i),$$

$$\tau_{н5(п)} = \tau_{н5}(1 - \psi_i).$$

Ранее (см. стр. 65) мы обозначили $a_{ср.с.кл} = T_{н}/T_{п.н}$. На этом основании $\tau_{н1(п)}/\tau_{п1} = a_{ср.с.кл}$. Отсюда

$$\tau_{п1} = \frac{\tau_{н1(п)}}{a_{ср.с.кл}} = \frac{\tau_{н1}(1 - \psi_i)}{a_{ср.с.кл}}. \quad (53)$$

Аналогично

$$\tau_{п2} = \frac{\tau_{н2}(1 - \psi_i)}{a_{ср.с.кл}}, \quad (53a)$$

$$\tau_{п3} = \frac{\tau_{н3}(1 - \psi_i)}{a_{ср.с.кл}}, \quad (53б)$$

$$\tau_{п4} = \frac{\tau_{н4}(1 - \psi_i)}{a_{ср.с.кл}}, \quad (53в)$$

$$\tau_{п5} = \frac{\tau_{н5}(1 - \psi_i)}{a_{ср.с.мн}}. \quad (53г)$$

Эти уравнения справедливы, если при работе на панелях будут применяться те же приемы работы, что и в условиях секции. Если же при панельной сборке будет применена механизация, например, прессовая групповая клепка вместо пневморучной, то коэффициенты трудоемкости $a_{ср.с.кл}$ следует заменить на коэффициент $a_{ср.с.пр}$, а для монтажных работ использовать коэффициент $a_{ср.с.мн}$.

$$\text{Если обозначить через } K_1 = \frac{1 - \psi}{a_{ср.с.кл}} \quad (54)$$

— коэффициент изменения объемов работ ручных процессов сборки при переводе их из условий секции в условия панельной сборки,

$$\text{через } K_2 = \frac{1 - \psi}{a_{ср.с.пр}} \quad (55)$$

— коэффициент изменения объемов работ для прессованной клепки

$$\text{и через } K_3 = \frac{1 - \psi}{a_{ср.с.мн}} \quad (56)$$

— коэффициент изменения объемов работ для монтажных работ при переводе их из условия секции в условия панельной сборки, то уравнения (53, 53а, 53б, 53в, 53г) можно представить в следующем виде:

$$\tau_{п1} = \tau_{н1} \cdot K_1, \quad (57)$$

$$\tau_{п2} = \tau_{н2} \cdot K_1, \quad (57а)$$

$$\tau_{п3} = \tau_{н3} \cdot K_1, \quad (57б)$$

$$\tau_{п4} = \tau_{н4} \cdot K_1, \quad (57в)$$

$$\tau_{п5} = \tau_{н5} \cdot K_3. \quad (57г)$$

Таким образом, для определения величин относительных коэффициентов частных трудоемкостей $\tau_{п1}$, $\tau_{п2}$, $\tau_{п3}$, $\tau_{п4}$ и $\tau_{п5}$ нам необходимо знать значения относительных коэффициентов частных трудоемкостей $\tau_{н1}$, $\tau_{н2}$, $\tau_{н3}$, $\tau_{н4}$ и $\tau_{н5}$, относительных коэффициентов изменения производительности труда $a_{ср.с.кл}$ ($a_{ср.с.пр}$ или $a_{ср.с.мн}$) и долю трудоемкости ψ .

Величины $\tau_{н1}$, $\tau_{н2}$, $\tau_{н3}$, $\tau_{н4}$ и $\tau_{н5}$ подсчитаны в табл. 22. Значения коэффициентов $a_{ср.с.кл}$, $a_{ср.с.пр}$ и $a_{ср.с.мн}$ приведены в таблице на фиг. 17. Остается определить долю трудоемкости ψ .

§ 16. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДОЛИ ТРУДОЕМКОСТИ $\psi_i = T_c/T_n$

При сборке секции из панелей требуется произвести следующую работу: проклепать продольные швы соответственно числу панелей m , соединить накладками шпангоуты, что в сумме составляет трудоемкость $T_{с.кл.}$ и выполнить монтажные работы (для схем А, В, Д стыковку монтажей $T_{с.мн.}$, а для схем Б, Г, Е весь объем монтажных работ $T_{н.мн.}$).

Трудоемкость клепки продольного шва равна числу заклепок по стрингеру $z_{стр.}$ умноженному на оперативную норму t_{0i} , необходимую на расклепывание одной заклепки в условиях секции:

$$z_{стр.} \cdot t_{0i}.$$

Соединений шпангоутов накладками будет столько, сколько шпангоутов на каждом стыковочном шве, а по каждой накладке будет $z_{нак.}$ заклепок.

Обозначим:

длину стрингера — $L_{стр.}$ (рис. 16);

число стрингеров — $n_{стр.}$;

шаг заклепок — $ш$;

число шпангоутов — $n_{шп.}$;

число заклепок по стыку шпангоута — $z_{нак.}$;

число заклепок по стрингеру — $z_{стр.} = \frac{L_{стр.}}{ш}$;

числом панелей — m .

Тогда трудоемкость клепальных работ при стыковке панелей и шпангоутов $T_{с.кл}$ будет

$$\begin{aligned} T_{с.кл} &= m \frac{L_{стр}}{ш} \cdot t'_{oi} + m \cdot n_{шп} \cdot z_{нак} \cdot t_{oi} = \\ &= m \cdot t'_{oi} (z_{стр} + n_{шп} \cdot z_{нак}). \end{aligned}$$

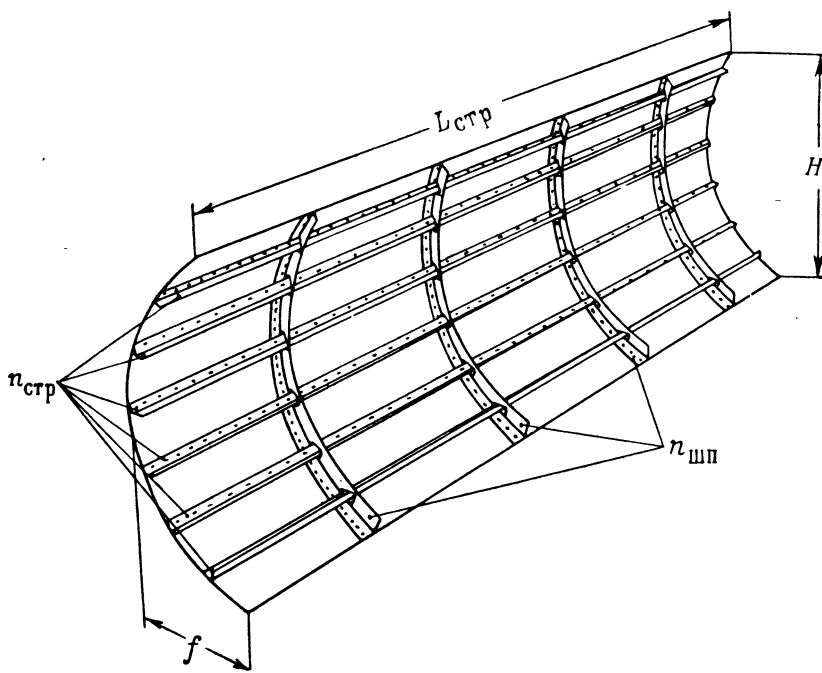


Рис. 16. Конструктивные параметры панели

Трудоемкость же клепальных работ при сборке всей секции T_n будет

$$\begin{aligned} T_n &= \frac{L_{стр}}{ш} \cdot n_{стр} \cdot t'_{oi} + \frac{\pi D}{ш} \cdot n_{шп} \cdot t_{oi} = \\ &= t'_{oi} \left(z_{стр} \cdot n_{стр} + \frac{\pi D}{ш} \cdot n_{шп} \right). \end{aligned}$$

Трудоемкость работ по стыковке монтажей $T_{с.мн}$ можно определить как долю ξ трудоемкости всех работ при сборке секции из панелей, т. е.

$$T_{с.мн} = \xi \cdot T_{с.},$$

по аналогии с формулой (13).

Общую трудоемкость $T_{с.А}$ (для схем сборки А, В и Д) можно выразить уравнением

$$T_{с.А} = T_{с.кл} + T_{с.мн} = m \cdot t_{oi} (z_{стр} + n_{шп} \cdot z_{нак}) + \xi \cdot T_{с.А}.$$

Тогда величина ψ_A на основании (45) определится как отношение

$$\begin{aligned} \psi_A &= \frac{T_{с.А}}{T_H} = \frac{T_{с.кл}}{T_H} + \frac{T_{с.мн}}{T_H} = \\ &= \frac{m \cdot t_{oi} (z_{стр} + n_{шп} \cdot z_{нак})}{t_{oi} \left(z_{стр} \cdot n_{стр} + \frac{\pi D}{ш} \cdot n_{шп} \right)} + \xi \frac{T_{с.А}}{T_H}. \end{aligned} \quad (58)$$

Если обозначим отношение $\frac{z_{стр} + n_{шп} \cdot z_{нак}}{z_{стр} \cdot n_{стр} + \frac{\pi D}{ш} \cdot n_{шп}}$ через K , то

$$\psi_A = \frac{T_{с.А}}{T_H} = m \cdot K + \xi \cdot \frac{T_{с.А}}{T_H}, \quad (59)$$

где K — относительная трудоемкость клепки стыковочных швов при сборке секции из панелей по сравнению с трудоемкостью всех клепальных работ нечлененной секции. Решим это уравнение относительно $T_{с.А}/T_H$

$$\frac{T_{с.А}}{T_H} (1 - \xi) = m \cdot K, \text{ откуда } \frac{T_{с.А}}{T_H} = \frac{m \cdot K}{1 - \xi} = \frac{m \cdot K}{\delta}.$$

$$\text{Следовательно, } \psi_A = \frac{m \cdot K}{\delta} \quad (60)$$

Уравнение (60) можно представить, как прямую с угловым коэффициентом K .

Таким образом, график изменения ψ_A по m для различных диаметров секции D представляет пучок прямых, идущих из начала координат (рис. 17).

Общая трудоемкость $T_{с.Б}$ для схем сборки Б, Г и Е может быть представлена (см. § 13) выражением

$$T_{с.Б} = T_{н5} + T_{с.кл},$$

откуда

$$\psi_B = \frac{T_{с.Б}}{T_H} = \frac{T_{н5}}{T_H} + \frac{T_{с.кл}}{T_H}.$$

Но из (39) отношение $T_{н5}/T_H = \xi$, а из (59) $T_{с.кл}/T_H = m \cdot K$.

Тогда окончательно величину ψ_B можно выразить формулой

$$\psi_B = \xi + mK. \quad (61)$$

Величины ψ_A и ψ_B для секций с принятыми нами ранее конструктивными параметрами (табл. 2) даны в табл. 23 и 24.

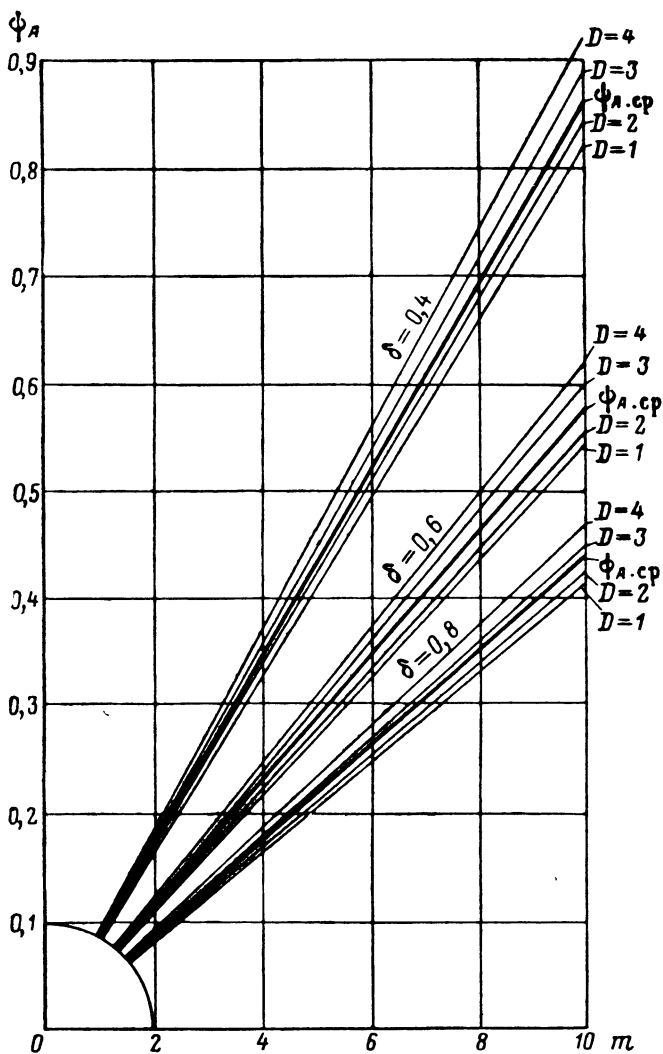


Рис. 17. График зависимости величины доли трудоемкости стыковочных работ ϕ_A от числа панелей при различных значениях диаметра сечения

Средние значения ψ_A (для схем сборки А, В, Д)

$m \backslash D \text{ в м}$	1	2	3	4	6	8	10
1	0,055	0,11	0,16	0,22	0,29	0,44	0,55
2	0,056	0,113	0,17	0,23	0,34	0,45	0,56
3	0,03	0,12	0,18	0,24	0,36	0,48	0,6
4	0,032	0,123	0,18	0,24	0,37	0,49	0,62
Средние значения ψ_A	0,058	0,12	0,18	0,23	0,35	0,46	0,58

Так как значение ψ_A очень незначительно меняется при изменении величины диаметра, то для упрощения определения ψ_A вполне допустимо пользоваться средней величиной ψ_A в зависимости от числа панелей, на которые делится секция. Из уравнения (60) $K = \frac{\psi_A \cdot \delta}{m}$. При $m=1$ и $\delta=0,6$ величина $K=0,035$ (61,а).

Таблица 24

Средние значения ψ_B (для схем сборки Б, Г, Е)

m	1	2	3	4	6	8	10
mK	0,035	0,070	0,105	0,140	0,210	0,280	0,350
Средние значения $\psi_B = (mK) + \xi$	0,435	0,470	0,505	0,540	0,610	0,680	0,750

§ 17. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕЛИЧИНЫ СРЕДНЕСЕКЦИОННОГО КОЭФФИЦИЕНТА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ТРУДА ДЛЯ ВСЕЙ СЕКЦИИ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ РАЗЛИЧНЫХ СХЕМ СБОРКИ

Обозначим среднесекционный коэффициент производительности труда для всей секции через $a_{ср.с. i}$, где индекс «с» обозначает, что производительность труда отнесена ко всей секции, а индекс «i» указывает на принятую схему сборки (А, Б, В, Г, Д, Е). Например, коэффициент $a_{ср.с.А}$ означает, что это средний (среднесекционный) коэффициент производительности труда по всей секции при сборке ее по схеме А.

Определение коэффициента $a_{ср.с.А}$

Объем клепальных работ составляет от всей трудоемкости сборки нечлененной на панели секции величину $\delta \cdot T_n$. Объем клепальных работ по сборке панелей, как если бы они выполнялись в условиях секции, составляет величину $(1 - \psi_A) \cdot \delta \cdot T_n$.

При переводе сборочно-клепальных работ из условий секции в условия панельной сборки этот объем трудоемкости уменьшится благодаря влиянию условий в $a_{ср.с.кл}$ раз. Следовательно, объем сборочно-клепальных работ на панелях будет равен

$$T_{п.кл} = T_{п1} + T_{п2} + T_{п3} + T_{п4} = \frac{\delta \cdot (1 - \psi_A) \cdot T_n}{a_{ср.с.кл}}. \quad (62)$$

В то же время объем монтажных работ на панелях в условиях секции составит $\xi (1 - \psi_A) \cdot T_n$, а под влиянием изменившихся условий работы на панелях он уменьшится в $a_{ср.с.мн}$ раз и будет равен

$$T_{п.мн} = \frac{\xi (1 - \psi_A) \cdot T_n}{a_{ср.с.мн}} \quad (63)$$

Тогда весь объем работ на панелях составит сумму объемов клепально-сборочных и монтажных работ, т. е.

$$T_{р.п} = T_{п.кл} + T_{п.мн} = \frac{\delta \cdot (1 - \psi_A) \cdot T_n}{a_{ср.с.кл}} + \frac{\xi (1 - \psi_A) \cdot T_n}{a_{ср.с.мн}}.$$

При одинаковом содержании работ коэффициент производительности труда будет равен отношению трудоемкости сборки нечлененной секции, за вычетом стыковочных работ $(1 - \psi_A) T_n$, к трудоемкости работ на панелях:

$$\begin{aligned} a_{ср.с.А} &= \frac{(1 - \psi_A) T_n}{T_{р.п}} = \frac{(1 - \psi_A) \cdot T_n}{\left(\frac{\delta}{a_{ср.с.кл}} + \frac{\xi}{a_{ср.с.мн}} \right) (1 - \psi_A) \cdot T_n} = \\ &= \frac{1}{\frac{\delta}{a_{ср.с.кл}} + \frac{\xi}{a_{ср.с.мн}}}. \end{aligned} \quad (64)$$

Определение коэффициента $a_{ср.с.В}$

Трудоемкость сборочно-клепальных работ в условиях секции, условно отнесенная к поверхности панелей, т. е. исключая трудоемкость продольных стыковочных швов панелей и стыковочных швов по шпангоутам, можно разбить на две части:

1) трудоемкость ручных сборочно-клепальных работ в условиях секции за вычетом клепки стрингеров

$$T'_{н1} = (\delta - \tau_{н2}) (1 - \psi_A) \cdot T_n, \quad (64a)$$

где $\tau_{н2}$ — часть общей трудоемкости T_n , приходящаяся на работы по клепке продольного набора (формула 48) в условиях секции;

2) трудоемкость работ по ручной клепке стрингеров к обшивке в условиях секции

$$T'_{н2} = \tau_{н2}(1 - \psi_A) \cdot T_{н}. \quad (64б)$$

Трудоемкость монтажных работ в условиях секции, исключая стыковочные работы, составит

$$T'_{н.мн} = \xi(1 - \psi_A) \cdot T_{н}. \quad (64в)$$

Очевидно, трудоемкость тех же работ при члененной конструкции и при сборке по схеме В будет соответственно равна

$$T'_{п1} = \frac{(\delta - \tau_{н2})(1 - \psi_A) \cdot T_{н}}{a_{ср.с.кл}}, \quad (64г)$$

$$T'_{п2} = \frac{\tau_{н2}(1 - \psi_A) \cdot T_{н}}{a_{ср.с.кл}} \quad (64д)$$

и при механизации клепки стрингеров

$$T'_{п2(пр)} = \frac{\tau_{н2}(1 - \psi_A) \cdot T_{н}}{a_{ср.с.пр}}. \quad (64е)$$

Трудоемкость монтажных работ на панелях будет равна

$$T_{п.мн} = \frac{\xi(1 - \psi_A) \cdot T_{н}}{a_{ср.с.мн}}. \quad (64ж)$$

Следовательно, по аналогии (64)

$$\begin{aligned} a_{ср.с.В} &= \frac{(1 - \psi_A) \cdot T_{н}}{\left(\frac{\delta - \tau_{н2}}{a_{ср.с.кл}} + \frac{\tau_{н2}}{a_{ср.с.пр}} + \frac{\xi}{a_{ср.с.мн}} \right) (1 - \psi_A) T_{н}} = \\ &= \frac{1}{\frac{\delta - \tau_{н2}}{a_{ср.с.кл}} + \frac{\tau_{н2}}{a_{ср.с.пр}} + \frac{\xi}{a_{ср.с.мн}}}. \end{aligned} \quad (65)$$

Определение коэффициента $a_{ср.с.д}$

Как известно (см. § 13), весь объем клепальных работ за исключением стыковочных в этой схеме механизмируется. Следовательно, если соответствующая трудоемкость в условиях секции будет равна

$$T_{н.кл} = \delta \cdot T_{н}(1 - \psi_A),$$

то в условиях панельной сборки она уменьшится в $a_{ср.с.авт}$ раз

$$T_{п.кл} = \frac{\delta \cdot (1 - \psi_A) \cdot T_{н}}{a_{ср.с.авт}}.$$

Монтажные работы соответственно будут равны

$$T_{н\cdot мн} = \xi \cdot T_{н} (1 - \psi_A),$$

$$T_{п\cdot мн} = \frac{\xi (1 - \psi_A) \cdot T_{н}}{a_{ср.с.мн}}.$$

Тогда

$$a_{ср.с.Д} = \frac{1}{\frac{\delta}{a_{ср.с.авт}} + \frac{\xi}{a_{ср.с.мн}}}. \quad (66)$$

Определение коэффициента $a_{ср.с.Б}$

На основании предыдущих рассуждений можно написать

$$T_{п\cdot кл} = \frac{\delta (1 - \psi_B) \cdot T_{н}}{a_{ср.с.кл}}.$$

$$T_{п\cdot мн} = \xi (1 - \psi_B) \cdot T_{н},$$

так как все монтажные работы выполняются в условиях секции и условия труда остаются неизменными.

Величина $a_{ср.с.Б}$ определяется из отношения

$$a_{ср.с.Б} = \frac{\delta \cdot (1 - \psi_B) \cdot T_{н} + \xi (1 - \psi_B) \cdot T_{н}}{\frac{\delta (1 - \psi_B) \cdot T_{н}}{a_{ср.с.кл}} + \xi (1 - \psi_B) \cdot T_{н}} = \frac{\delta + \xi}{\frac{\delta}{a_{ср.с.кл}} + \xi} =$$

$$= \frac{1}{\frac{\delta}{a_{ср.с.кл}} + \xi}. \quad (67)$$

Определение коэффициента $a_{ср.с.Г}$

Так как схема Г отличается от схемы сборки В только тем, что монтажные работы выполняются в секции, то величина $a_{ср.с.Г}$ будет определена следующим выражением:

$$a_{ср.с.Г} = \frac{1}{\frac{\delta - \tau_{н2}}{a_{ср.с.кл}} + \frac{\tau_{н2}}{a_{ср.с.пр}} + \xi}. \quad (68)$$

Определение коэффициента $a_{ср.с.Е}$

Так как схема Е отличается от схемы Д тем, что монтажные работы производятся в секции, то

$$a_{ср.с.Е} = \frac{1}{\frac{\delta}{a_{ср.с.авт}} + \xi}. \quad (69)$$

В табл. 25 приводятся значения $a_{ср.с. i}$, подсчитанные по формулам (64, 65, 66, 67, 68 и 69).

**Значения среднесекционных относительных коэффициентов
изменения производительности труда при различных
схемах сборки**

Коэффици- центы <i>D в м</i>	<i>a</i> _{ср. с. А}	<i>a</i> _{ср. с. В}	<i>a</i> _{ср. с. Д}	<i>a</i> _{ср. с. Б}	<i>a</i> _{ср. с. Г}	<i>a</i> _{ср. с. Е}
1	2,1	2,590	5,181	1,699	1,599	2,313
2	1,964	2,358	4,651	1,357	1,537	2,261
3	1,88	2,146	4,167	1,331	1,461	2,18
4	1,897	2,114	3,846	1,337	1,441	2,101

§ 18. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОТНОСИТЕЛЬНОГО КОЭФФИЦИЕНТА ИЗМЕНЕНИЯ ТРУДОЕМКОСТИ β

Полную трудоемкость сборки и монтажа секции в члененном варианте можно определить равенством

$$T_p = T_n + T_c, \quad (70)$$

где T_n — трудоемкость работ на панелях и
 T_c — трудоемкость работ в условиях секции.

Объем работ, выполняемых на панелях, будет равен объему работ по сборке всей секции за вычетом объема работ, выполняемых в условиях секции. Учитывая изменение условий труда при переходе из секции на панель, можно сказать, что трудоемкость работ на панелях T_n будет меньше трудоемкости того же объема работ в секции ($T_n - T_c$) в $a_{ср.с. i}$ раз, т. е.

$$T_n = \frac{T_n - T_c}{a_{ср.с. i}},$$

а так как из уравнения (45)

$$T_c = \psi_i \cdot T_n,$$

то

$$T_n = \frac{T_n(1 - \psi_i)}{a_{ср.с. i}}. \quad (71)$$

Заменяя в (70) T_n и T_c их новыми значениями, получим

$$T_p = \frac{T_n(1 - \psi_i)}{a_{ср.с. i}} + \psi_i \cdot T_n = T_n \left(\frac{1 - \psi_i}{a_{ср.с. i}} + \psi_i \right)$$

Коэффициент относительной трудоемкости β определится как отношение T_p и T_n :

$$\beta_i = \frac{T_p}{T_n} = \frac{T_n \left(\frac{1 - \psi_i}{a_{\text{ср.с.}i}} + \psi_i \right)}{T_n} = \frac{1 - \psi_i}{a_{\text{ср.с.}i}} + \psi_i. \quad (72)$$

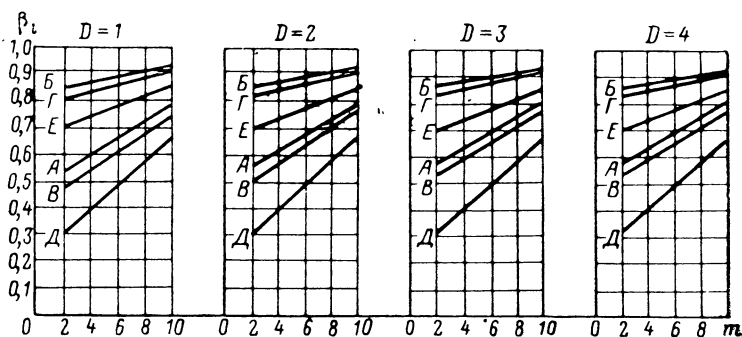


Рис. 18. График изменения относительного коэффициента изменения трудоемкости β_i для различных схем сборки в зависимости от диаметра секции и числа панелей

Величина ψ_i для схем сборки А, В, Д: согласно (60)

$$\psi_A = \frac{K \cdot m}{\delta}.$$

а для схем Б, Г, Е (61)

$$\psi_B = \xi + K \cdot m.$$

На рис. 18 представлены графики зависимости β_i от диаметра секции D и количества панелей m , построенные на основании формулы (72).

§ 19. ВЫВОДЫ ПО ГЛ. III

Графики изменения β_i (см. рис. 18) позволяют сделать следующие выводы.

1. Членение секций на панели всегда приводит к снижению трудоемкости и при этом тем большому, чем более совершенна механизация клепки, чем больше монтажей устанавливается на панелях и чем меньше объем стыковочных работ.

Оценивая с этих позиций схемы сборки, можно заметить, что наименьшей трудоемкостью отличаются схемы Д, В и А, а наибольшей — схема Е, Г и Б. Это позволяет сделать вывод, что выполнение монтажных работ в условиях секции резко уменьшают влияние панелирования на снижение трудоемкости сборочно-мон-

тажных работ, механизация клепки, наоборот, весьма сильно способствует снижению.

2. С увеличением диаметра секции относительный коэффициент изменения трудоемкости β увеличивается и, следовательно, эффект от панелирования сказывается на снижении трудоемкости в меньшей мере, чем при небольших диаметрах (1—2 м). Причи-

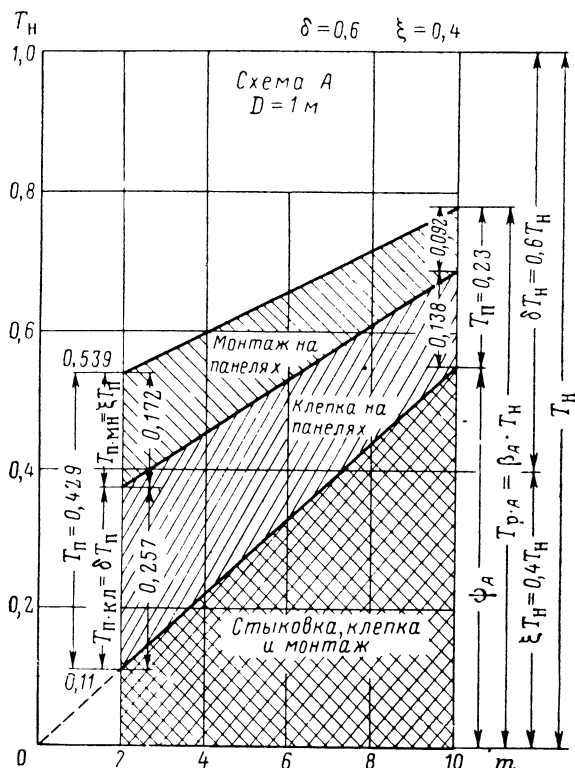


Рис. 19. График изменения структуры трудоемкости при сборке секции по схеме А в зависимости от количества панелей

ной этому служат более благоприятные условия труда клепальных и монтажных работ, выполняемых в секциях более значительных диаметров (3—4 м).

3. Увеличение числа панелей для одного и того же диаметра секции приводит к возрастанию β , что указывает на повышение трудоемкости стыковочных работ сборки члененной секции при большем их числе, хотя трудоемкость сборки панелей при этом

снижается. Это наглядно подтверждается графиками изменения структуры трудоемкости, представленными на рис. 19 и 20.

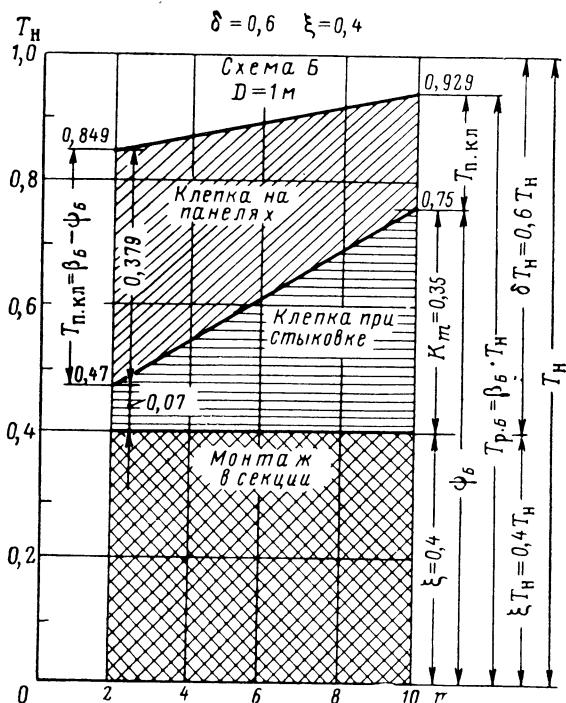


Рис. 20. График изменения структуры трудоемкости при сборке секции по схеме Б в зависимости от количества панелей

Следовательно, не следует чрезмерно увлекаться большим числом панелей.

Глава IV

ИССЛЕДОВАНИЕ ОТНОСИТЕЛЬНОГО ИЗМЕНЕНИЯ ЦИКЛОВ СБОРОЧНЫХ РАБОТ

§ 20. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОТНОСИТЕЛЬНОГО КОЭФФИЦИЕНТА СОКРАЩЕНИЯ ЦИКЛА СБОРКИ СЕКЦИИ $\lambda = \frac{Ц_n}{Ц_p}$

Изучение циклов важно потому, что с величиной цикла связан целый ряд экономических показателей и в том числе скорость выполнения заказа, что в некоторых случаях может оказаться решающим.

Величина накладных расходов, оборачиваемость оборотных средств, себестоимость изделия, количество рабочих мест и видов сборочной оснастки и, наконец, полнота использования производственных площадей отдельных цехов при сборочных процессах прямо связаны с размером цикла сборочных работ. Сокращение цикла вызывает значительные улучшения названных показателей.

Основная расчетная формула, по которой рассчитывается цикл, имеет вид

$$Ц = \frac{T}{P} \cdot \text{час}, \quad (73)$$

где T — трудоемкость изделия, выраженная в чел.-час;

P — среднее число одновременно занятых рабочих.

Обозначив цикл сборки непанелированной секции через $Ц_n$, а число одновременно работающих сборщиков через P_n , можно написать

$$Ц_n = \frac{T_n}{P_n} \quad (74)$$

Обозначим полный цикл сборки панелированной секции через $Ц_p$. Относительное сокращение цикла сборки панелированной секции по сравнению с циклом сборки секции непанелированной конструкции будет равно

$$\lambda = \frac{Ц_n}{Ц_p} = \frac{Ц_n}{Ц_n + Ц_c}, \quad (75)$$

где λ — относительный коэффициент сокращения цикла.

Полный цикл сборки панелированной секции $Ц_p$ есть сумма циклов работ, выполняемых на панелях $Ц_n$, и цикла работ, выполняемых в условиях секции $Ц_c$ (см. § 13).

Определим λ как функцию m

$$Ц_c = \frac{T_c}{P_n},$$

так как количество одновременно работающих рабочих по стыковке панелей в секцию и монтажных работ в условиях секции будет всегда равно числу работающих по клепке и монтажу при сборке непанелированной конструкции секции.

Но

$$T_c = \psi_i \cdot T_n,$$

тогда

$$Ц_c = \frac{T_c}{P_n} = \frac{\psi_i \cdot T_n}{P_n} = \psi_i \cdot Ц_n. \quad (76)$$

На основании (73) можно написать, что $Ц_n = T_n / P_n$.

Так как из (71) $T_{\Pi} = \frac{T_H(1-\psi_i)}{a_{\text{ср.с}i}}$,

то

$$II_{\Pi} = \frac{T_H(1-\psi_i)}{a_{\text{ср.с}i} \cdot P_{\Pi}}.$$

Тогда

$$\lambda = \frac{II_{\Pi}}{II_{\Pi} + II_{\text{с}}} = \frac{\frac{T_H}{P_{\Pi}}}{\frac{T_H(1-\psi_i)}{a_{\text{ср.с}i} \cdot P_{\Pi}} + \psi_i \frac{T_H}{P_{\Pi}}} = \frac{1}{\frac{P_{\Pi}}{P_{\Pi}} \cdot \frac{1-\psi_i}{a_{\text{ср.с}i}} + \psi_i}. \quad (77)$$

Величины P_{Π} и P_H определяются через конструктивные параметры секции следующим образом.

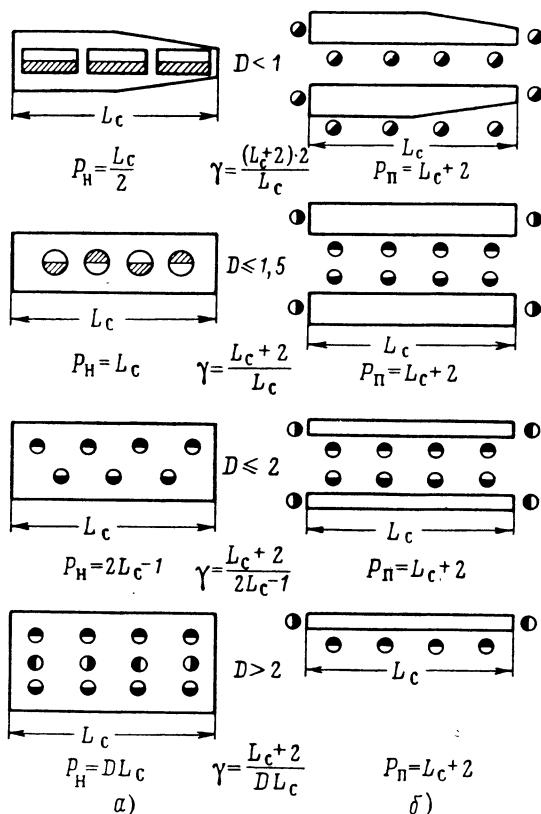


Рис. 21. Размещение рабочих при сборке нечлененных секций (а) и при сборке панелей (б) в зависимости от диаметра секции

В зависимости от размеров секции и ее формы (рис. 21) внутри секции можно разместить различное число сборщиков,

придерживаясь правила, чтобы при работе между рабочими всегда было обеспечено расстояние в 1 м. Тогда поперек секции (в сечении ее) можно разместить столько рядов рабочих, сколько метров будет, скажем, в диаметре фюзеляжа.

Тогда

при $D=1$ м будет 1 ряд рабочих;
 $D=2$ м » 2 ряда рабочих;
 $D=3$ м » 3 ряда рабочих;
 $D=4$ м » 4 ряда рабочих.

По длине секции будут работать столько людей, сколько метров в длине секции. Следовательно, общее число рабочих, одновременно работающих в секции, будет

$$P_n = D \cdot L_c^* . \quad (78)$$

На одной панели всегда может работать столько людей, сколько метров в длине панели **, а на m панелях могут работать $P_{\Pi} = m \cdot L_c$ человек рабочих.

Следовательно, отношение числа одновременно работающих на панелях P_{Π} к числу работающих в нечлененной секции P_n , т. е. относительный коэффициент фронта работ γ будет равен

$$\gamma = \frac{P_{\Pi}}{P_n} = \frac{m \cdot L_c}{D \cdot L_c} = \frac{m}{D} . \quad (79)$$

Вставляя это выражение в λ , получим

$$\lambda_i = \frac{1}{\frac{(1 - \psi_i) \cdot D}{a_{\text{ср.с } i} \cdot m} + \psi_i} = \frac{a_{\text{ср.с } i} \cdot m}{D(1 - \psi_i) + \psi_i \cdot a_{\text{ср.с } i} \cdot m} . \quad (80)$$

Для схем сборки А, В, Д (см. табл. 23) $\psi_A = K \cdot m / \delta$. В этом случае

$$\lambda_A = \frac{a_{\text{ср.с } i} \cdot m \cdot \delta}{D \cdot \delta - DK \cdot m + a_{\text{ср.с } i} \cdot K \cdot m^2} .$$

Для схем сборки Б, Г, Е (см. табл. 24) $\psi_B = \xi + Km$. В этом случае

$$\lambda_B = \frac{a_{\text{ср.с } i} \cdot m}{D(1 - \xi) - DKm + \xi a_{\text{ср.с } i} \cdot m + a_{\text{ср.с } i} \cdot K \cdot m^2} .$$

Графики изменения λ_i для различных схем сборки даны на рис. 22.

* Только в случае $1 \text{ м} < D < 2 \text{ м}$ величина $P_n = 2 \cdot L_c - 1$, так как в этом случае придется рабочим располагать в два ряда в шахматном порядке, и, следовательно, в одном ряду будет располагаться количество рабочих на одного человека, меньше, чем в другом. Но мы этого учитывать не будем.

** Предполагается, что длина панели равна длине секции. Если эти длины различны, то следует вместо длины секции L_c ставить длину панели L_{Π} .

§ 21. ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАКСИМАЛЬНОГО ЗНАЧЕНИЯ λ

Определим число панелей m , при котором λ_A приобретает наибольшее значение. Для этого приравняем производную λ_A по m нулю

$$\frac{d\lambda_A}{dm} = \frac{a \cdot \delta (D\delta - aKm^2)}{(D\delta - K \cdot Dm + aKm^2)^2} = 0^*.$$

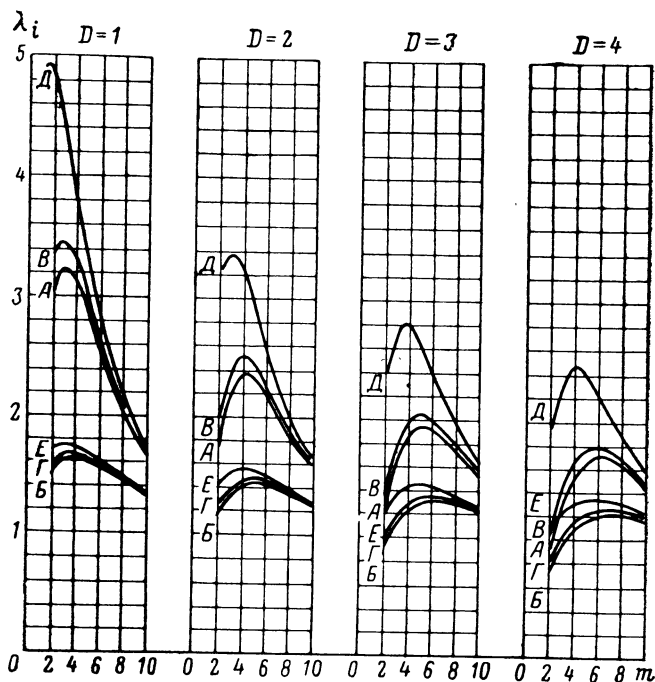


Рис. 22. Графики изменения величины относительного коэффициента сокращения цикла λ_i для различных схем сборки в зависимости от диаметра секции и числа панелей

Тогда из $D\delta - aKm^2 = 0$ имеем

$$m_{\lambda_A \max} = \sqrt{\frac{D \cdot \delta}{a \cdot K}}.$$

Число панелей, при котором λ_B приобретает наибольшее значение, определится из уравнения

$$\frac{a\lambda_B}{dm} = \frac{aD - aD\xi - a^2Km^2}{[D(1 - \xi) - DKm + \xi am + aKm^2]^2} = 0,$$

* Здесь везде при a опущены индексы «ср.с.i».

откуда

$$D(1-\xi) - aKm^2 = 0$$

и

$$m_{\lambda_B \max} = \sqrt{\frac{D(1-\xi)}{aK}} = \sqrt{\frac{D \cdot \delta}{a \cdot K}}. \quad (80a)$$

§ 22. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОТНОСИТЕЛЬНОГО ЗНАЧЕНИЯ КОЛИЧЕСТВА ПАНЕЛЕЙ

Для налаживания ритмичного хода производства крайне важно получить единство ритма выпуска продукции со всех рабочих мест или с мест отдельных групп. Очевидно, это будет возможно в том случае, если циклы стыковки панелей в секцию и циклы сборки панели и монтажных работ будут равными между собой. Поэтому важно знать, хотя бы приблизительно, число панелей m , позволяющее уравнивать ритм стыковки с ритмом сборки панелей или их монтажа, т. е. определить m , при котором

$$U_{\text{ст } i} = U_{\text{п } i}.$$

Как известно,

$$U_{\text{ст } i} = \psi_i \cdot U_{\text{н}} = \psi_i \frac{T_{\text{н}}}{P_{\text{н}}}$$

и

$$U_{\text{п } i} = \frac{T_{\text{п } i}}{P_{\text{п } i}},$$

тогда

$$\psi_i \frac{T_{\text{н}}}{P_{\text{н}}} = \frac{T_{\text{п } i}}{P_{\text{п } i}} \quad \text{или} \quad \psi_i \cdot \frac{T_{\text{н}}}{T_{\text{п } i}} = \frac{P_{\text{н}}}{P_{\text{п } i}}.$$

Обозначим отношение $T_{\text{н}}/T_{\text{п } i}$ через коэффициент средней производительности $a'_{\text{ср.с } i}$, т. е. $a'_{\text{ср.с } i} = T_{\text{н}}/T_{\text{п } i}$.

Из формулы (79)

$$\frac{P_{\text{н}}}{P_{\text{п } i}} = \frac{D}{m},$$

тогда $\psi_i \cdot a'_{\text{ср.с } i} = \frac{D}{m}$, или $a'_{\text{ср.с } i} = \frac{D}{\psi_i \cdot m}$.

Для схем сборки А, В и Д при $\psi_i = \psi_A = \frac{K \cdot m}{\delta}$

$$a'_{\text{ср.с } i} = \frac{D \cdot \delta}{K \cdot m^2},$$

откуда

$$m_{U_{\text{ст}} = U_{\text{п}}} = \sqrt{\frac{D \cdot \delta}{K \cdot a'_{\text{ср.с } i}}}. \quad (81)$$

Для схем сборки Б, Г и Е при $\psi_i = \psi_B = \xi + K \cdot m$

$$a'_{\text{ср.с } i} = \frac{D}{\xi \cdot m + K \cdot m^2},$$

откуда

$$m_{\Pi_{\text{ст}}} = \Pi_{\Pi} = \frac{-\xi \pm \sqrt{\xi^2 + 4K \frac{D}{a'_{\text{ср.с } i}}}}{2K}. \quad (82)$$

Если $m_{\lambda \max}$ и $m_{\Pi_{\text{ст}}} = \Pi_{\Pi}$ будут сильно различаться, то можно найти такое m , при котором циклы сборки на одной панели будут кратны циклу работ, выполняемых в условиях секции.

В этом случае ритмичность достигается за счет создания числа рабочих мест для сборки соответственно соотношению циклов сборки единичной панели и единичной секции, т. е.

$$r \cdot \Pi_{\text{ст}} = \Pi_{\Pi},$$

где r — коэффициент пропорциональности.

В этом случае

$$a'_{\text{ср.с } i} = \frac{r \cdot D}{\psi_i \cdot m}.$$

Тогда для схем сборки А, В и Д, при которых $\psi_A = K \cdot m / \delta$:

$$a'_{\text{ср.с } i} = \frac{r \cdot D \cdot \delta}{K \cdot m^2}$$

и

$$m_{r \cdot \Pi_{\text{ст}}} = \Pi_{\Pi} = \sqrt{\frac{D \cdot \delta \cdot r}{K \cdot a'_{\text{ср.с } i}}}. \quad (83)$$

Для схем сборки Б, Г и Е, при которых $\psi_B = \xi + K m$:

$$a'_{\text{ср.с } i} = \frac{r \cdot D}{\xi \cdot m + K \cdot m^2}$$

и

$$m_{r \cdot \Pi_{\text{ст}}} = \Pi_{\Pi} = \frac{-\xi \pm \sqrt{\xi^2 + 4K \frac{r \cdot D}{a'_{\text{ср.с } i}}}}{2K}. \quad (84)$$

Взяв r таким, чтобы $m_{r \cdot \Pi_{\text{ст}}} = \Pi_{\Pi}$ возможно ближе подходило к $m_{\lambda \max}$, мы получим одновременно и больший коэффициент сокращения цикла сборки секции λ и ритмичность производства, поскольку циклы сборки на одной панели и на сборке секции будут пропорциональны.

Величина коэффициента $a'_{\text{ср.с}i}$ определится на основании следующих соображений:

$$a'_{\text{ср.с}i} = \frac{T_{\text{н}}}{T_{\text{п}i}}. \quad (85)$$

Определим $a'_{\text{ср.с}i}$ для схемы сборки А.
Известно, что $T_{\text{п}i} = T_{\text{п.кл}} + T_{\text{п.мн}}$.
Из формул (62) и (63)

$$\begin{aligned} T_{\text{п.кл}} &= \frac{\delta \cdot (1 - \psi_A) \cdot T_{\text{н}}}{a_{\text{ср.с.кл}}}, \\ T_{\text{п.мн}} &= \frac{\varepsilon \cdot (1 - \psi_A) \cdot T_{\text{н}}}{a_{\text{ср.с.мн}}}, \\ a'_{\text{ср.с.А}} &= \frac{T_{\text{н}}}{\frac{\delta \cdot (1 - \psi_A) \cdot T_{\text{н}}}{a_{\text{ср.с.кл}}} + \frac{\varepsilon \cdot (1 - \psi_A) \cdot T_{\text{н}}}{a_{\text{ср.с.мн}}}} = \\ &= \frac{1}{\left(\frac{\delta}{a_{\text{ср.с.кл}}} + \frac{\varepsilon}{a_{\text{ср.с.мн}}} \right) (1 - \psi_A)}. \end{aligned} \quad (86)$$

Сравнивая полученное выражение (86) с выражением (64), определяющим величину $a_{\text{ср.с.А}}$, можно установить, что

$$a'_{\text{ср.с.А}} = \frac{a_{\text{ср.с.А}}}{(1 - \psi_A)}. \quad (87)$$

Нетрудно убедиться, что

$$a'_{\text{ср.с.В}} = \frac{a_{\text{ср.с.В}}}{(1 - \psi_A)}, \quad (87a)$$

$$a'_{\text{ср.с.Д}} = \frac{a_{\text{ср.с.Д}}}{(1 - \psi_A)}, \quad (87б)$$

$$a'_{\text{ср.с.Б}} = \frac{a_{\text{ср.с.Б}}}{(1 - \psi_B)}, \quad (87в)$$

$$a'_{\text{ср.с.Г}} = \frac{a_{\text{ср.с.Г}}}{(1 - \psi_B)}, \quad (87г)$$

$$a'_{\text{ср.с.Е}} = \frac{a_{\text{ср.с.Е}}}{(1 - \psi_B)}. \quad (87д)$$

§ 23. ВЫВОДЫ ПО ГЛ. IV

Исследование влияний различных факторов на величину сборочного цикла позволяет сделать следующие основные выводы.

1. Коэффициент сокращения цикла сборки λ дает возможность оценить относительное сокращение цикла члененной конст-

рукции секции по отношению к нечлененной и выбрать на этом основании наиболее целесообразную в данных конкретных условиях схему сборочного процесса и количество панелей m на этапе эскизного проектирования, когда еще нет реальной конструкции и тем самым предположить конструктивное решение.

2. Исследования показали, что основой сокращения цикла сборки секции члененной конструкции по отношению к нечлененной является, во-первых, резкое улучшение условий труда сборщика, достигаемое вынесением сборочно-монтажных работ из секции на панель и, во-вторых, организация параллельной сборки всех m панелей. При этом для достижения ритмичности производства цикла панелей $C_{\text{ц}}$ и цикла сборки секции из панелей $C_{\text{с}}$ должны быть равны или кратны друг другу или близки к этому.

3. Цикл сборки панелей положительно влияет на сокращение цикла сборки секции, а цикл стыковки в случае его увеличения влияет отрицательно. Для каждого диаметра секции имеется диапазон количества панелей m , в пределах которого величина относительного коэффициента сокращения цикла λ близка к максимальной. К его меньшей границе надо стремиться при выборе m .

4. Организация сборочно-монтажных работ оказывает исключительное влияние на величину сокращения цикла. Наиболее прогрессивными являются схемы сборки А, В, Д, при которых сборочные и монтажные работы выносятся на панельную сборку. Схемы сборки В и Д подтверждают значительное влияние на сокращение цикла комплексной механизации сверльно-клепальных работ.

Глава V

ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ОТНОСИТЕЛЬНОГО КОЭФФИЦИЕНТА ЧИСЛА РАБОЧИХ МЕСТ μ

§ 24. ИЗМЕНЕНИЕ ЧИСЛА РАБОЧИХ МЕСТ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ЧИСЛА ПАНЕЛЕЙ

При выполнении производственного задания по выпуску продукции число рабочих мест, занятых рабочими, работающими на этих местах, может значительно колебаться в зависимости от характера работы, выполняемой на этих местах.

Обозначив число рабочих мест через M и фонд рабочего времени через Φ , может написать, что при выпуске N единиц изделий потребуются рабочих мест

$$M = \frac{N \cdot C}{\Phi} \quad (88)$$

Исходя из схемы производственного процесса, если для сборки нечлененной конструкции потребуется 3 рабочих места (по одному для клепки в стапеле, клепки вне стапеля и монтажа), то для сборки члененной конструкции потребуется рабочих мест $M=3(m+1)$.

Таким образом, исходя из схемы производственного процесса отношение количества рабочих мест члененной и нечлененной конструкции для изготовления одной секции равно:

$$\frac{3(m+1)}{3} = m+1,$$

т. е. для изготовления члененной конструкции всегда необходимо число рабочих мест в $(m+1)$ раз больше, чем для нечлененной.

Если предположить, что все сборочно-клепальные и монтажные работы как при сборке нечлененной, так и при сборке члененной конструкции ведутся только на одном рабочем месте, то для сборки нечлененной конструкции потребуется минимально одно рабочее место, а для сборки члененной на m панелей конструкции будет необходимо иметь минимальное число рабочих мест в $(m+1)$ раз больше, т. е.

$$M_{p_{\min}} = (m+1). \quad (89)$$

Из этой формулы видно, что минимальное число рабочих мест для сборки панелей будет равно числу панелей и одно рабочее место необходимо для стыковки панелей в секции и выполнения клепальных и монтажных работ в собранной секции.

На этом основании можно написать, учитывая выражение (88), что для выпуска N изделия потребуется при нечлененной конструкции число рабочих мест, равное

$$M_{n_{\min}} = \frac{I_n \cdot N}{\Phi}, \quad (90)$$

а для члененной конструкции будет необходимо иметь рабочих мест

$$M_{p_{\min}} = \frac{I_n \cdot N}{\Phi} \cdot m + \frac{I_c N}{\Phi} = \frac{N}{\Phi} (I_n \cdot m + I_c) \quad (91)$$

В формуле [91] предполагается, что цикл сборки всех панелей I_n одинаков или близок к нему.

Создается впечатление, что всегда $M_p > M_n$. Это было бы правильно, если не учитывать программы выпуска изделия и сокращения панельного цикла сборки. В действительности число рабочих мест M_p может при определенном выпуске N оказаться меньше или больше M_n .

Чтобы выяснить этот вопрос, определим отношение количества рабочих мест для того и другого процесса сборки. Обозначим величину этого отношения через μ_i :

$$\mu_i = \frac{M_n}{M_p}. \quad (92)$$

Назовем μ_i относительным коэффициентом изменения количества сборочных рабочих мест и определим его значения.

На основании формул (90) и (91) можем написать

$$\begin{aligned} \mu_i &= \frac{M_{n \min}}{M_{p \min}} = \frac{U_n \cdot N}{\Phi} : \frac{N}{\Phi} (U_n \cdot m + U_c) = \\ &= \frac{U_n}{U_n \cdot m + U_c} = \frac{1}{m \cdot \frac{U_n}{U_c} + \frac{U_c}{U_n}}. \end{aligned} \quad (93)$$

Здесь аналогично (45) $U_c/U_n = \psi_i$, а величина U_n/U_n определится следующим образом. На основании (73) $U_n = T_n/P_n$, но из (71) $T_n = \frac{T_n(1-\psi_i)}{a_{ср.с i}}$

или

$$U_n = \frac{T_n(1-\psi_i)}{a_{ср.с i} \cdot P_n}.$$

В то же время $U_n = T_n/P_n$, тогда

$$\frac{U_n}{U_n} = \frac{T_n(1-\psi_i) \cdot P_n}{a_{ср.с i} \cdot P_n \cdot T_n} = \frac{1-\psi_i}{a_{ср.с i}} \cdot \frac{P_n}{P_n}. \quad (94)$$

Но из (79) $\frac{P_n}{P_n} = \gamma = \frac{m}{D}$ и, следовательно, окончательно

$$\frac{U_n}{U_n} = \frac{(1-\psi_i) \cdot D}{a_{ср.с i} \cdot m}. \quad (95)$$

Подставляя полученные значения $\frac{U_c}{U_n}$ и $\frac{U_n}{U_n}$ в (93), будем иметь

$$\mu_i = \frac{1}{\frac{m(1-\psi_i) \cdot D}{a_{ср.с i} \cdot m} + \psi_i} = \frac{1}{\frac{D}{a_{ср.с i}}(1-\psi_i) + \psi_i}. \quad (96)$$

Подставляя в формулу (96) вместо ψ_i значения $\psi_A = \frac{K \cdot m}{\delta}$ и $\psi_B = \xi + Km$, будем иметь для схем сборки А, В, Д

$$\mu_{A(В, Д)} = \frac{1}{\frac{D}{a_{ср.с i}}(1-\psi_A) + \psi_A} = \frac{1}{\frac{D}{a_{ср.с i}}\left(1 - \frac{Km}{\delta}\right) + \frac{Km}{\delta}} \quad (97)$$

и для схем сборки Б, Г, Е

$$\begin{aligned} \mu_{Б(Г, Е)} &= \frac{1}{\frac{D}{a_{ср.с\ i}} (1 - \psi_B) + \psi_B} = \frac{1}{\frac{D}{a_{ср.с\ i}} [1 - (\xi + Km)] + \xi + Km} = \\ &= \frac{1}{\frac{D}{a_{ср.с\ i}} (\delta - Km) + \xi + Km} = \frac{1}{\frac{D\sigma}{a_{ср.с\ i}} + Km \left(1 - \frac{D}{a_{ср.с\ i}} \right) + \xi} \quad (98) \end{aligned}$$

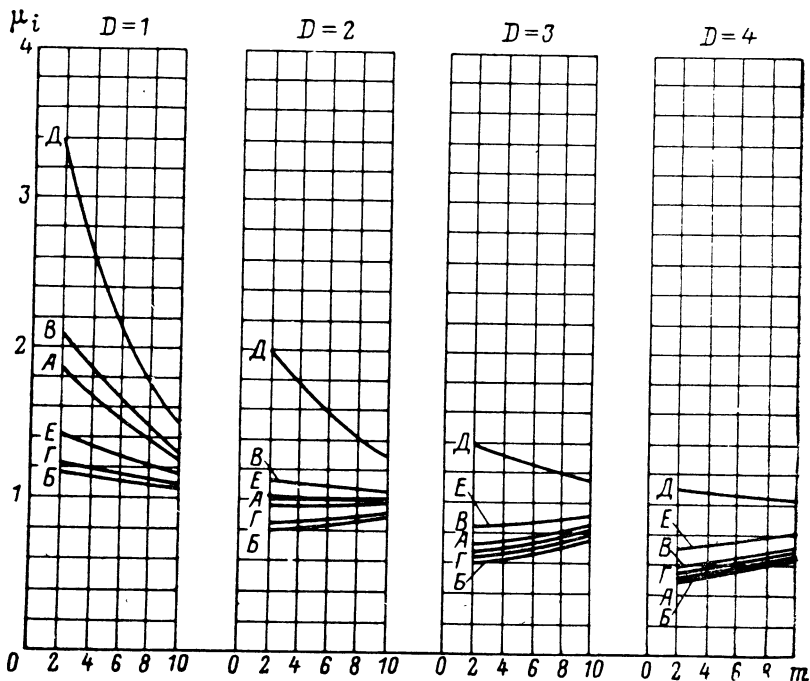


Рис. 23. Графики изменения относительного коэффициента числа рабочих мест при сборке μ_i для различных схем сборки в зависимости от диаметра секции и числа панелей

На основании формул (97) и (98) построены графики зависимости μ_i от числа панелей m и диаметра фюзеляжа D (рис. 23).

§ 25. КОЭФФИЦИЕНТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РАБОЧЕГО МЕСТА

Коэффициентом использования рабочего места называется отношение фактического выпуска изделий с этого рабочего места к наибольшему возможному выпуску изделий с этого же рабочего места.

Обозначив величину наибольшего выпуска с одного рабочего места через $N_{\max}$, а величину фактического выпуска с одного рабочего места через $N_{\text{фак}}$, можно определить коэффициент использования рабочего места η_m :

$$\eta_m = \frac{N_{\text{фак}}}{N_{\max}}. \quad (99)$$

Наибольший выпуск с одного рабочего места равен фонду времени, деленному на цикл рабочего места:

$$N_{\max} = \frac{\Phi}{Ц}. \quad (100)$$

На участке программы от $N_{\text{фак}}=0$ до $N_{\text{фак}}=N_{\max}$ (рис. 24) величина η_m меняется от 0 до 1,0 (линия OB_1). Назовем этот участок шагом выпуска с одного рабочего места. Рассмотрим, как же изменится величина η_m , если величина программы N будет увеличиваться свыше одного шага выпуска. Очевидно, для того чтобы выпустить хотя бы одно изделие сверх выпуска N_1 равного шагу, необходимо иметь еще одно рабочее место.

После установки второго рабочего места выпуск мог бы увеличиться в два раза $N_2=2N_1$ (линия OB_2).

Фактически же при выпуске, хотя бы немного превышающем N_1 , величина η_m будет равна (точка А):

$$\eta_m \cong 0,5.$$

Увеличивая программу дальше до $N_{\text{фак}}=N_{2\max}$, будем иметь в точке B_2 вновь величину $\eta_m=1,0$ (линия OB_2).

Если из начала координат (рис. 25) провести прямые в каждую точку $B_1, B_2, B_3, \dots, B_n$, ординаты которых кратны числу шагов, то луч OB_2 пересечет первый шаг, т. е. линию $1B_1$ в точке A_1 , от которой начнет изменяться η_m для второго шага; луч OB_3 пересечет второй шаг, т. е. линию $2B_2$ в точке A_2 , от которой начнет изменяться η_m для третьего шага и т. д.

Таким образом, мы получим зубчатую ломаную линию $O-B_1-A_1-B_2-A_2$ и т. д., по которой будет изменяться η_m с изменением числа шагов.

Очевидно, что

$$\eta_m = \frac{n}{n+1}, \quad (101)$$

где n — число шагов.

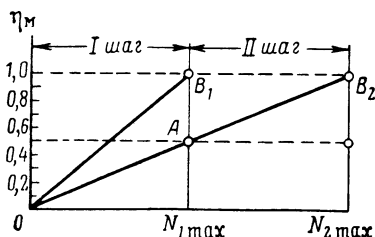


Рис. 24. График изменения величины η_m при увеличении шагов свыше одного

На рис. 25 показано влияние увеличения шага (в три раза) на скорость изменения η_m (зубчатая линия $O-B_3-G_1-B_6-G_2-B_9-G_3...$). Как видно, изменение η_m первого изделия (жирные сплошные линии) идет быстрее, чем изменение η_m второго изделия (жирные пунктирные линии).

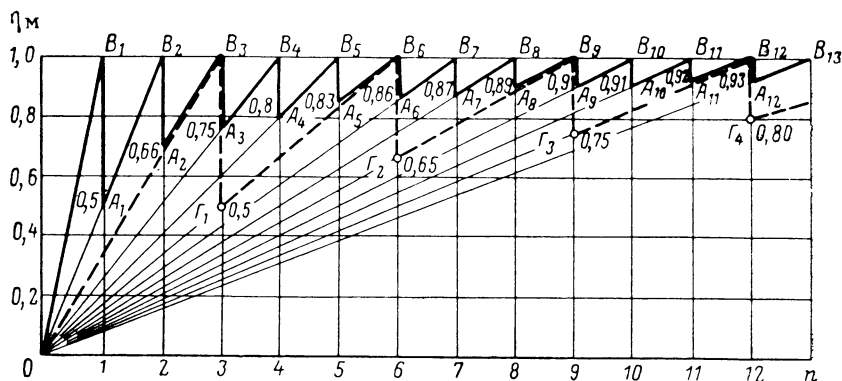


Рис. 25. Влияние увеличения шага на скорость изменения коэффициента использования рабочих мест

Из предыдущего можно сделать следующие выводы.

1. С увеличением программы $N_{\text{фак}}$ коэффициент использования рабочих мест η_m повышается по мере увеличения числа шагов в программе и приближается к единице.

2. Для мелких размеров шага выпуска с одного рабочего места полное использование рабочих мест наступит раньше, чем при значительных размерах шага.

§ 26. ВЫВОДЫ ПО ГЛ. V

Анализ графиков на рис. 23 дает возможность сделать следующие выводы.

1. Относительный коэффициент потребных рабочих мест μ_i , определяющий отношение рабочих мест при производстве нечлененной конструкции к числу рабочих мест для производства члененных конструкций при одинаковых программах изделий в случае полного использования рабочих мест позволяет установить относительную потребность в рабочих сборочных местах для любой схемы сборки и для любых диаметров агрегата (секции).

2. При меньших диаметрах секции панелирование весьма сильно влияет на сокращение количества потребных рабочих мест. С увеличением диаметра эффективность панелирования понижается и при его значениях $D=3$ м и выше количество рабочих мест при выпуске члененной конструкции становится рав-

ным, а для некоторых схем сборки даже большим, нежели при выпуске нечлененной конструкции. Однако следует сразу же заметить, что и в этом случае членение дает большие преимущества, так как единичное рабочее место для сборки панели всегда проще, дешевле и будет занимать меньшую площадь, чем единичное рабочее место при сборке нечлененной конструкции.

3. Величина μ_i , вычисленная по формуле (96), дает немного завышенные значения соотношения чисел рабочих мест в случае, когда коэффициент их использования η_m будет меньше единицы.

Это будет иметь место всякий раз, когда $N_{\text{фак}}$ меньше максимально возможного выпуска с одного рабочего простого или комплексного рабочего места ($N_{\text{max}} > N_{\text{фак}}$), или когда в текущей программе максимальный выпуск с одного рабочего места не укладывается целое число раз ($N_{\text{фак}} \neq xN_{\text{max}}$, где x — целое число).

4. Однако для анализа экономической характеристики выбранной схемы членения можно вполне удовлетвориться величиной μ_i , так как для больших программ η_m близко к единице.

Глава VI

ВЛИЯНИЕ СХЕМЫ СБОРКИ НА КОЛИЧЕСТВО ПОТРЕБНОЙ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ПЛОЩАДИ

§ 27. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОТНОСИТЕЛЬНОГО КОЭФФИЦИЕНТА ИЗМЕНЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ПЛОЩАДИ ω

В данной главе исследуется зависимость изменения величины производственной площади, потребной для выпуска заданной программы изделия, от принятой схемы сборки и количества панелей m , на которое членится секция.

Если обозначим величину площади, необходимой для сборки определенного числа изделий в нечлененном варианте через F_n , а величину площади, потребной для выпуска такого же числа изделий в члененном варианте через F_p , то отношение F_n/F_p позволит определить относительное изменение величины производственной площади. Назовем величину этого отношения коэффициентом изменения производственной площади и обозначим его через ω :

$$\omega = \frac{F_n}{F_p}. \quad (102)$$

Выведем формулу для вычисления ω_A — относительного коэффициента изменения производственной площади при схеме сборки А. Определим значения F_n и F_p . Как ранее было установлено

(при годовой программе в N единиц), число рабочих мест для сборки нечлененной секции определяется по формуле

$$M_n = \frac{N \cdot U_n}{\Phi}.$$

Если площадь одного рабочего места при сборке нечлененной секции примем равной S_n , то вся необходимая площадь F_n определится из выражения

$$F_n = \frac{N \cdot U_n \cdot S_n}{\Phi}.$$

Число рабочих мест при сборке члененной секции будет равно для схемы сборки А

$$M_{p.A} = \frac{m \cdot U_n \cdot N}{\Phi} + \frac{U_c \cdot N}{\Phi}.$$

Если известно, что площадь одного рабочего места сборки панелей равна S_n , а площадь рабочего места стыковки панелей в секцию S_c , то общая производственная площадь, необходимая для сборки члененной секции:

$$F_{p.A} = \frac{m \cdot U_n \cdot N \cdot S_n}{\Phi} + \frac{U_c \cdot N \cdot S_c}{\Phi}.$$

Тогда

$$\omega_A = \frac{F_n}{F_{p.A}} = \frac{\frac{N \cdot U_n \cdot S_n}{\Phi}}{\frac{m \cdot U_n \cdot N \cdot S_n}{\Phi} + \frac{U_c \cdot N \cdot S_c}{\Phi}} = \frac{1}{m \cdot \frac{U_n}{U_n} \cdot \frac{S_n}{S_n} + \frac{U_c}{U_n} \cdot \frac{S_c}{S_n}}. \quad (103)$$

Выясним, чему равны отношения S_n/S_n и S_c/S_n . На рис. 26 приведены схемы рабочего места сборки панелей в зависимости от того, на сколько панелей членится секция.

Площадь, занимаемая одним рабочим местом для нечлененной секции, равна (см. рис. 26)

$$S_n = (L_c + 2)(D + 2),$$

тоже и для сборки секции из панелей:

$$S_c = (L_c + 2)(D + 2).$$

Для сборки панелей $S_n = (L_c + 2)(f + 2)$. Глубина панели f зависит от диаметра секции и числа панелей фюзеляжа и определяется по формуле $f_n = D \sin^2 \frac{\Phi}{4}$, где Φ — центральный угол панели.

$$\frac{S_c}{S_n} = \frac{(L_c + 2)(D + 2)}{(L_c + 2)(D + 2)} = 1,$$

а отношение

$$\frac{S_{\Pi}}{S_n} = \frac{(f + 2)(L_c + 2)}{(D + 2)(L_c + 2)} = \frac{f + 2}{D + 2}.$$

Обозначим величину этого отношения через ϵ_{Π} . Заменяя в уравнении (103) S_c/S_n и S_{Π}/S_n указанными выше значениями, а

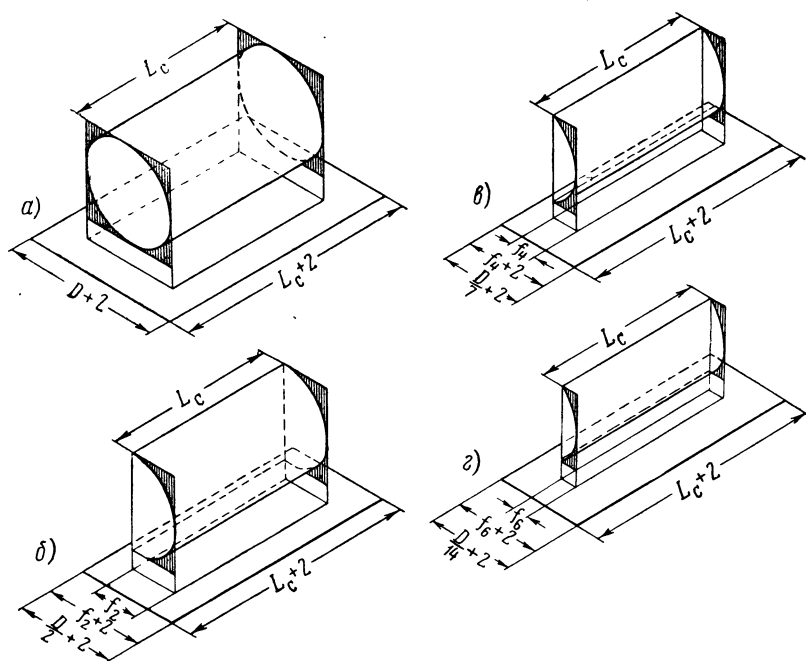


Рис. 26. Габариты рабочих мест сборки:

а—секции; б—панели при $m=2$; в—панели при $m=4$; г—панели при $m=6$

Π_{Π}/Π_n и Π_c/Π_n их значениями из (95) и (76), получим окончательное выражение величины ω_A :

$$\omega_A = \frac{1}{\frac{\epsilon_{\Pi}(1 - \psi_A) \cdot D}{a_{\text{ср.сА}}} + \psi_A}. \quad (104)$$

Значения ϵ_{Π} приведены в табл. 26.

Таблица 26

$m \backslash D$	2	3	4	6	8	10
0,5	0,90	0,85	0,828	0,813	0,808	0,805
1,0	0,833	0,750	0,714	0,689	0,679	0,675
1,5	0,786	0,680	0,629	0,616	0,587	0,582
2,0	0,750	0,625	0,572	0,533	0,519	0,513
2,5	0,722	0,584	0,538	0,500	0,483	0,476
3,0	0,700	0,550	0,486	0,440	0,422	0,415
4,0	0,667	0,500	0,429	0,378	0,358	0,350

Для схемы сборки Б в формуле (104) следует вместо $a_{\text{ср.с.л}}$ брать $a_{\text{ср.с.кл}}$, так как выполняется только клепка панелей, а ψ_A следует заменять на ψ_B , тогда

$$\omega_B = \frac{1}{\frac{\varepsilon_n \cdot \delta (1 - \psi_B) \cdot D}{a_{\text{ср.с.кл}}} + \psi_B} \quad (105)$$

Процесс сборки по схемам В и Г будет состоять из трех частей. Одна часть является механизированным процессом (клепка продольного набора на прессах групповой клепки), вторая часть включает различные ручные работы, выполняемые на панелях, и в третью часть входят работы по сборке секций из панелей и работы, выполняемые в секции. Площади, потребные для выполнения каждой из этих частей сборочного процесса, будут зависеть от площади, занимаемой прессами, рабочими местами для выполнения других работ, и от величины циклов этих работ.

Для схем сборки В и Г при определении $\varepsilon_{\text{прс}} = S_{\text{прс}}/S_n$ примем площадь $S_{\text{прс}}$ для пресса КП-602, равную 220 м^2 .

Величины $\varepsilon_{\text{прс}}$ в зависимости от D секции приведены в табл. 27.

Тогда необходимая площадь при сборке N изделий по схеме В будет представлена выражением

$$F_{\text{р.в}} = \frac{S_{\text{прс}} \cdot m \cdot U'_n \cdot N}{\Phi} + \frac{S_n \cdot m \cdot U''_n \cdot N}{\Phi} + \frac{U_c \cdot N S_n}{\Phi},$$

где U'_n — цикл клепки панели на прессе;

U''_n — цикл ручных работ на панели (клепальных и монтажных);

U_c — цикл работ в секции.

Значение величин $\epsilon_{\text{прс}}$

D	0,5	1	1,5	2	2,5	3	4
L_c	2	4	6	8	10	12	16
S_H	10	18	28	40	54	70	108
$S_{\text{прс}}(\text{пресса КП-602})$	220	220	220	220	220	220	220
$\epsilon_{\text{прс}} = \frac{S_{\text{прс}}}{S_H} = \frac{220}{S_H}$	22	12,22	7,86	5,5	4,07	3,14	2,04

Как уже ранее было установлено,

$$F_H = \frac{N \cdot L_H \cdot S_H}{\Phi},$$

тогда

$$\omega_B = \frac{F_H}{F_{p.B}} = \frac{S_H \cdot L_H}{S_{\text{прс}} \cdot U'_H \cdot m + S_H \cdot U''_H \cdot m + S_H \cdot L_c},$$

или

$$\omega_B = \frac{1}{\frac{S_{\text{прс}}}{S_H} \cdot \frac{U'_H}{U''_H} \cdot m + \frac{S_H}{S_H} \cdot \frac{U''_H}{U''_H} \cdot m + \frac{L_c}{U''_H}}.$$

Здесь

$$\frac{S_{\text{прс}}}{S_H} = \epsilon_{\text{прс}}, \quad \frac{S_H}{S_H} = \epsilon_H, \quad \frac{L_c}{U''_H} = \psi_A,$$

$$\frac{U'_H}{U''_H} = \frac{\tau_{H2}(1 - \psi_A) \cdot D}{a_{\text{ср.с.прс}} \cdot m}; \quad \frac{U''_H}{U''_H} = \frac{U'_{\text{п.кл}} + U''_{\text{п.мн}}}{U''_H}$$

Определение значения отношения $\frac{U''_H}{U''_H}$

Цикл работ на панели можно представить как сумму ручных работ по клепке поперечного набора и монтажных работ, т. е.

$$U''_H = U''_{\text{п.кл}} + U''_{\text{п.мн}}.$$

Цикл ручных клепальных работ на панели может быть представлен выражением [на основании формул (1) и (64 г)]

$$U'_{\text{п.кл}} = \frac{T'_{\text{п1}}}{P_{\text{п1}}} = \frac{T'_{\text{п.кл}}}{P_{\text{п.кл}}} = \frac{(\delta - \tau_{H2})(1 - \psi_A) \cdot T_H}{P_{\text{п}} \cdot a_{\text{ср.с.кл}}},$$

а цикл монтажных работ на панели [на основании формул (1) и (64 ж)]

$$U''_{\text{п.мн}} = \frac{T''_{\text{п.мн}}}{P_{\text{п.мн}}} = \frac{\xi(1 - \psi_A) \cdot T_H}{P_{\text{п}} \cdot a_{\text{ср.с.мн}}}.$$

Тогда, зная, что $U_H = T_H / P_H$,

$$\frac{U_H''}{U_H} = \frac{(\delta - \tau_{H2}) (1 - \psi_A) \cdot T_H \cdot P_H}{P_H \cdot a_{ср.с.кл} \cdot T_H} + \frac{\xi (1 - \psi_A) \cdot T_H \cdot P_H}{P_H \cdot a_{ср.с.мн} \cdot T_H},$$

или

$$\frac{U_H''}{U_H} = \frac{(\delta - \tau_{H2}) \cdot (1 - \psi_A)}{a_{ср.с.кл}} \cdot \frac{P_H}{P_H} + \frac{\xi (1 - \psi_A)}{a_{ср.с.мн}} \cdot \frac{P_H}{P_H}.$$

Из [79] $\frac{P_H}{P_H} = \frac{m}{D}$ и, следовательно, окончательно

$$\frac{U_H''}{U_H} = \frac{(\delta - \tau_{H2}) (1 - \psi_A) \cdot D}{a_{ср.с.кл} \cdot m} + \frac{\xi (1 - \psi_A) \cdot D}{a_{ср.с.мн} \cdot m}.$$

Подставляя все полученные значения в уравнения ω_B , после преобразования получим

$$\omega_B = \frac{1}{\frac{\epsilon_{прс} \cdot \tau_{H2} (1 - \psi_A) \cdot D}{a_{ср.с.прс}} + \frac{\epsilon_{п} (\delta - \tau_{H2}) (1 - \psi_A) \cdot D}{a_{ср.с.кл}} + \frac{\epsilon_{п} \cdot \xi (1 - \psi_A) \cdot D}{a_{ср.с.мн}} + \psi_A}. \quad (106)$$

Уравнение, определяющее ω_{Γ} , будет отличаться от ω_B только тем, что в знаменателе не будет третьего члена, а ψ_A следует заменить на ψ_B

$$\omega_{\Gamma} = \frac{1}{\frac{\epsilon_{прс} \cdot \tau_{H2} (1 - \psi_B) \cdot D}{a_{ср.с.прс}} + \frac{\epsilon_{п} (\delta - \tau_{H2}) (1 - \psi_B) \cdot D}{a_{ср.с.кл}} + \psi_B}. \quad (107)$$

При схеме сборки Д весь объем клепальных работ по клепке панелей выполняется на прессе-комбайне (автомате), а монтажные работы производятся на панелях. Величина ω_D определится по аналогии с предыдущими выводами по следующей формуле:

$$\omega_D = \frac{1}{\frac{\epsilon_{авт} \cdot \delta (1 - \psi_A) \cdot D}{a_{ср.с.авт}} + \frac{\epsilon_{п} \cdot \xi (1 - \psi_A) \cdot D}{a_{ср.с.мн}} + \psi_A}, \quad (108)$$

где

$$\epsilon_{авт} = \frac{S_{авт}}{S_H}.$$

Здесь $S_{авт}$ — площадь, занимаемая прессом-комбайном (автоматом). Будем считать, что $S_{авт} = S_H$. Тогда $\epsilon_{авт} = 1$.

По схеме сборки Е, в отличие от схемы Д, все монтажные работы выполняются в секции и величина ω_E определяется из уравнения

$$\omega_E = \frac{1}{\frac{\varepsilon_{\text{авт}} \cdot \delta (1 - \psi_B) \cdot D}{a_{\text{ср.с.авт}}} + \psi_B} \quad (109)$$

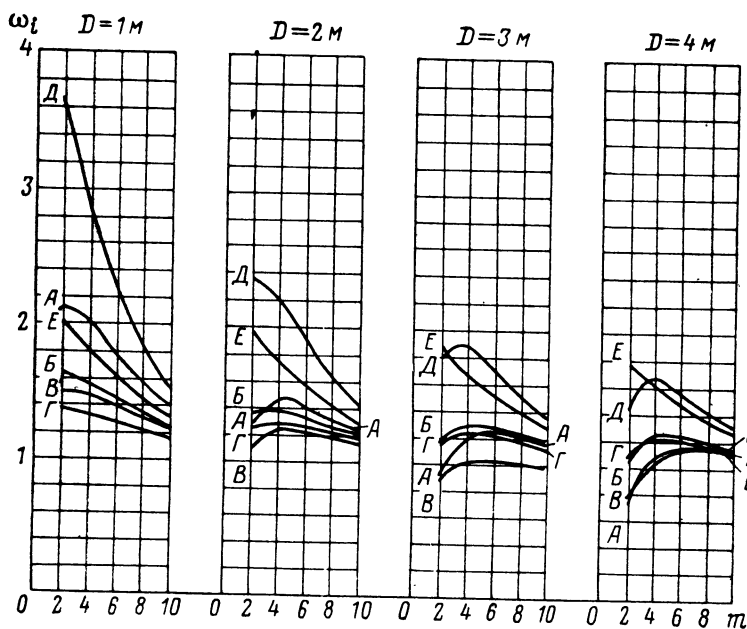


Рис. 27. Графики изменения относительного коэффициента потребной производственной площади ω_i для различных схем сборки в зависимости от диаметра секции и числа панелей

На основании формул (104—109) вычислены величины ω_i в зависимости от D и m и построены графики (рис. 27).

§ 28. ВЫВОДЫ ПО ГЛ. VI

1. Графики изменения ω_i , представленные на рис. 27, дают возможность установить, при каких числах панелей будет иметь место сокращение или увеличение площадей при выпуске члененной конструкции по сравнению с нечлененной в зависимости от принятой схемы процесса сборки и диаметра секции.

2. Выявленная зависимость позволяет ещё на стадии эскизного проектирования установить наиболее выгодную схему сбор-

ки, при которой панелированная конструкция дает наибольшее увеличение выпуска с одних и тех же площадей:

$$N_{pi} = \omega_i \cdot N_n.$$

3. Механизация процесса клепки дает значительный эффект сокращения площадей, особенно высокий в случае применения прессов-комбайнов (автоматов).

Глава VII

ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЙ СЕБЕСТОИМОСТИ СБОРОЧНЫХ РАБОТ

§ 29. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОТНОСИТЕЛЬНОГО КОЭФФИЦИЕНТА ИЗМЕНЕНИЯ СЕБЕСТОИМОСТИ СБОРОЧНЫХ РАБОТ

Себестоимость продукции представляет собой сумму затрат по различным статьям. Часть слагаемых этой суммы остается неизменной и независимой от того, как именно проходит сборка изделия, а вторая ее часть изменяется и зависит от принятой схемы сборки.

Рассмотрим изменение цеховой себестоимости продукции в зависимости от принятой схемы сборки. При этом предполагается, что:

а) стоимость материалов и изделий других заводов (C_m) постоянная и не зависит от того, в каком варианте собирается секция — в члененном или в нечлененном на панели;

б) величина цеховых накладных расходов, не зависящая от времени нахождения в цехе продукции, равна половине всех накладных расходов цеха и постоянна для обоих вариантов конструкции;

в) величина расходов, пропорциональных времени нахождения в цехе изделия, прямо пропорциональна циклу сборки;

г) величина зарплаты производственных рабочих (Z) прямо пропорциональна величине трудоемкости;

д) величина цеховой себестоимости (C_n) при сборке и монтаже секции нечлененной конструкции принята на единицу;

е) состав цеховой себестоимости имеет следующее соотношение статей цеховой калькуляции:

— зарплата Z производственных рабочих 20 %;

— стоимость материалов C_m изделия 50 %;

— цеховые накладные расходы H_2 , пропорциональные циклу, 15 %;

— цеховые накладные расходы H_1 пропорциональные выпуску 15%.

При таких допущениях неизменная постоянная величина себестоимости

$$C' = C_m + H_1 = 50 + 15 = 65\%,$$

а изменяющаяся часть себестоимости

$$C'' = Z + H_2 = 20 + 15 = 35\%.$$

Применение в производстве той или другой схемы сборки (вследствие изменения условий труда) приводит к изменению величины относительного коэффициента изменения трудоемкости β , а следовательно, и зарплаты.

Изменение схемы сборки изменяет величину цикла сборки, т. е. время пребывания изделия в цехе, следовательно, изменение схемы сборки будет влиять и на величину накладных расходов H_2 , зависящую от цикла сборки.

Иначе говоря, если цеховая себестоимость в своей изменяющейся части (C'') при изготовлении нечлененной секции будет равна $C''_n = Z_n + H_2$, то в случае члененной конструкции

$$C''_{pi} = Z_n \cdot \beta_i + \frac{H_2}{\lambda_i}. \quad (110)$$

Величину отношения изменяемой части цеховой себестоимости монтажно-сборочных работ при нечлененной конструкции C к такой же части цеховой себестоимости монтажно-сборочных работ члененной секции C''_p назовем относительным коэффициентом себестоимости монтажно-сборочных работ θ . Тогда

$$\theta_i = \frac{C''_n}{C''_{pi}},$$

или, что то же:

$$\theta_i = \frac{Z_n + H_2}{Z_n \cdot \beta_i + \frac{H_2}{\lambda_i}}. \quad (111)$$

Результаты вычислений величины коэффициента θ_i для всех диаметров D и всех схем сборки при принятых ранее параметрах конструкции (см. табл. 2) даны на графиках рис. 28.

Анализ этих графиков позволяет сделать следующие выводы:

а) по мере увеличения диаметра секции эффект сокращения стоимости сборочных работ уменьшается;

б) величина изменения максимальных значений относительного коэффициента себестоимости при использовании параллельно-последовательных схем сборки Б, Г и Е колеблется в пределах значений от 1,5 до 1,15. Изменение максимальных значений θ для параллельных схем сборки А, В, Д происходит в пределах от 4,07 до 1,6.

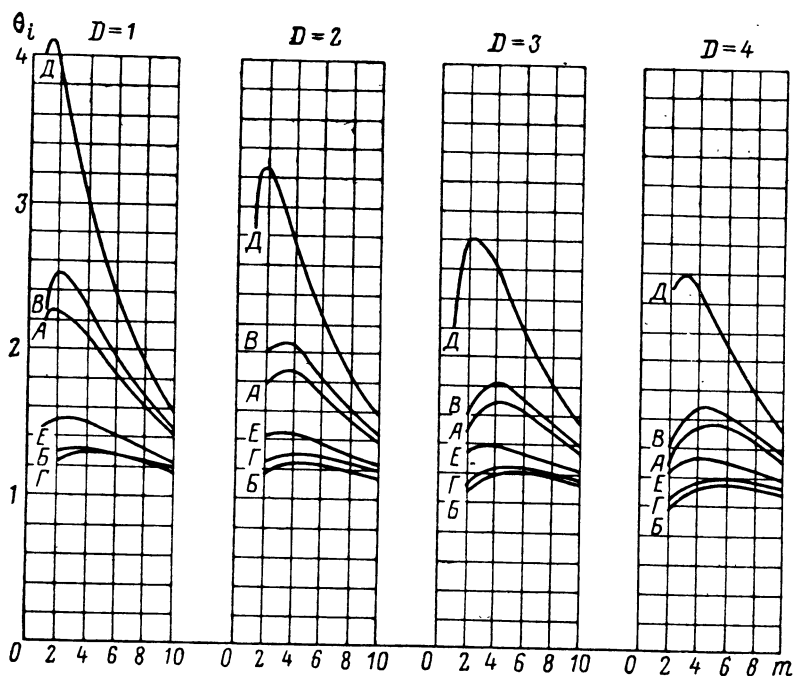


Рис. 28. График изменения относительного коэффициента цеховой себестоимости сборочно-монтажных работ θ_i для различных схем сборки в зависимости от диаметра D и числа панелей m

Таким образом, диапазон изменения θ для параллельных схем происходит в больших пределах и довольно существенен;

в) максимум значения величины θ при увеличении диаметра секции перемещается от меньших значений количества панелей m к большим. При этом зависимость θ от m для схем А, В, Д выражается резче, чем для схем Б, Г, Е;

г) по мере увеличения механизации процессов сборки величина θ растет, т. е. себестоимость соответственно сокращается, что подчеркивает большое значение применения таких процессов.

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕОРИИ ЧЛЕНЕНИЯ К АГРЕГАТАМ ТИПА КРЫЛЬЕВ

§ 30. НЕКОТОРЫЕ СООБРАЖЕНИЯ О ПРИМЕНИМОСТИ ИЗЛОЖЕННОГО МЕТОДА АНАЛИЗА ПРИ ПАНЕЛИРОВАНИИ КРЫЛЬЕВ

Требования высокого качества поверхности крыльев приводят к необходимости их панелирования для возможности применения прессовой клепки.

Число панелей гораздо убедительнее определяется конструкцией крыла и технологическим процессом его сборки, чем причинами экономического характера.

Поэтому анализ технико-экономических показателей процессов сборки крыльев становится поверочным для оценки предполагаемых вариантов сборки крыла.

Так как современное клепальное оборудование позволяет клепать панели значительной ширины, число панелей m лимитируется только конструкцией крыла, но не производственными возможностями.

Технико-экономический анализ процессов сборки крыльев следует производить для выявления особенностей процесса при запроектованной конструкции крыла и своевременного его направления.

Монтажные работы в крыле занимают незначительный объем по сравнению со сборочно-клепальными работами, поэтому при анализе схем сборки будем основываться на изменении трудоемкости только сборочно-клепальных работ, что вполне достаточно для выбора схемы сборки на стадии эскизного проектирования.

На этом же основании применительно к агрегатам типа крыльев можно ограничиться анализами трех схем сборки А, В и Д, различающихся между собой лишь степенью механизации клепальных работ.

Резкое конструктивное различие между крыльями тонкого и толстого профиля налагает некоторые особые условия при рассмотрении процессов сборки для каждого из этих типов крыльев.

§ 31. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОТНОСИТЕЛЬНЫХ КОЭФФИЦИЕНТОВ ПРИ СБОРКЕ СЕКЦИИ КРЫЛА ТОНКОГО ПРОФИЛЯ

Форма сечения крыльев, стабилизатора или киля резко отличается по своей конфигурации от сечения фюзеляжа. Поэтому величины a и ψ этих агрегатов должны быть определены не в зависимости от диаметра D сечения, а от величин хорды l , строительной высоты h и размаха крыла L (рис. 29).

Таким образом, при рассмотрении процессов сборки секций крыльев и оперения необходимо от геометрических параметров конструкции D и L_c перейти к параметрам l , h и L .

В случае трапециевидного очертания крыла в плане параметр l_1 заменяется параметром l_{cp} , равным

$$\frac{l_1 + l_2}{2}.$$

Как ранее было выяснено, наиболее важным вопросом в случае замены одного процесса сборки другим является определение относительного коэффициента изменения трудоемкости крыла β_i' .

Для определения β_i' необходимо установить те участки крыла, на которых трудоемкость сборки изменяется по своей величине при изменении условий труда, и выяснить влияние изменений условий труда при переходе от процесса сборки нечлененных секций на сборку панелей.

Так же, как и при определении величины β_i для фюзеляжных секций круглого сечения, следует установить значения коэффициентов, выражающих размеры изменения каждой составляющей общей трудоемкости $T_{кр}$ крыла в долях трудоемкости $T_{н.кр}$ исходного процесса.

Тонкие крылья в нечлененном варианте собираются обычно так, что обшивка с одной стороны, например верхняя обшивка (в. о), приклепывается к каркасу, пока не поставлена обшивка нижней стороны.

Трудоемкость постановки верхней половины будет равна

$$T_{в.о} = 0,5 \cdot z_c \cdot t_1,$$

где z_c — общее число заклепок на всей поверхности крыла;

t_1 — норма времени на постановку каждой заклепки в удобных условиях.

Нижняя обшивка крыла (н. о) ставится в накат, так как внутрь крыла рабочему проникнуть нельзя. Норму времени на постановку одной заклепки в очень стесненных условиях примем равной t_9 .

Тогда

$$T_{н.о} = 0,5 \cdot z_c \cdot t_9.$$

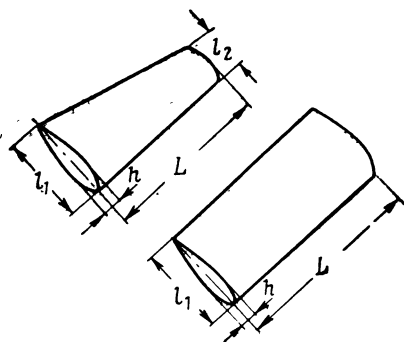
Следовательно, средняя норма времени на постановку одной заклепки при нечлененной конструкции будет

$$t_{cp} = \frac{0,5 \cdot z_c \cdot t_1 + 0,5 \cdot z_c \cdot t_9}{z_c},$$

или

$$t_{cp} = 0,5 \cdot t_1 + 0,5 \cdot t_9 = 0,5(t_1 + t_9).$$

Рис. 29. Параметры тонкого крыла и оперения



При переходе на сборку панелей применительно к схеме А норма времени на постановку одной заклепки как для верхней, так и для нижней обшивки будет равна t_1 . Следовательно, среднесекционный коэффициент производительности труда a'_i * при переводе ручной клепки в условиях нечлененной секции тонкого крыла на панель будет

$$a'_{\text{кл}} = \frac{0,5 (t_1 + t_9)}{t_1}. \quad (112)$$

При сборке панелей по схеме В клепка панелей выполняется на клепальных прессах. В этом случае для определения повышения производительности труда надо t_1 в знаменателе формулы (112) заменить на $t_{\text{пр}}$.

Тогда

$$a'_{\text{пр}} = \frac{0,5 (t_1 + t_9)}{t_{\text{пр}}}. \quad (113)$$

Аналогично для схемы Д, при которой клепка панелей производится на прессе-комбайне (автомате), коэффициент производительности труда определится по формуле

$$a'_{\text{авт}} = \frac{0,5 (t_1 + t_9)}{t_{\text{авт}}}, \quad (114)$$

где $t_{\text{авт}}$ — норма времени на клепку одной заклепки на прессе-комбайне (автомате).

Остается определить долю трудоемкости стыковочных работ тонкого крыла $\psi_{\text{кр}}$. Как известно (60), при схеме сборки А, В, Д $\psi_{\text{А}} = K \cdot m / \delta$. Но если не принимать во внимание монтажных работ, то $\psi_{\text{кр}} = K_{\text{кр}} \cdot m$, где $K_{\text{кр}} = T_{\text{шва}} / T_{\text{н.кр}}$.

Примем длину отдельных швов равными:

по стрингерам — $n_{\text{стр}} \cdot L_{\text{стр}}$,

по нервюрам — $n_{\text{н}} \cdot l_{\text{ср}} \cdot 2$,

где $n_{\text{стр}}$ — количество стрингеров;

$n_{\text{н}}$ — количество нервюр;

$L_{\text{стр}}$ — длина стрингера;

$l_{\text{ср}}$ — средняя длина хорды.

Общая длина заклепочных швов крыла будет

$$n_{\text{стр}} \cdot L_{\text{стр}} + 2n_{\text{н}} \cdot l_{\text{ср}}.$$

Общее число заклепок

$$z_{\text{с}} = \frac{n_{\text{стр}} \cdot L_{\text{стр}} + 2 \cdot n_{\text{н}} \cdot l_{\text{ср}}}{\text{ш}},$$

где ш — шаг заклепок.

* В дальнейшем изложении среднесекционный коэффициент крыла $a'_{\text{ср.кл}}$ обозначается как a'_i для крыла тонкого профиля и a''_i — для крыла толстого профиля.

Если трудоемкость на постановку одной заклепки в условиях нечлененной конструкции будет $t_1 \cdot a'_{кл}$, то трудоемкость секции нечлененной конструкции крыла можно определить из выражения

$$T_{н.кр} = \frac{(n_{стр} \cdot L_{стр} + 2n_n \cdot l_{ср})}{ш} \cdot t_1 \cdot a'_{кл}, \quad (115)$$

так как из (112) $t_1 \cdot a'_{кл} = t_{ср}$, то $T_{н.кр} = z_c \cdot t_{ср}$.

Трудоемкость одного стыковочного шва определится:

$$T_{шва} = \frac{L_{стр}}{ш} \cdot t_i = z_{стр} \cdot t_i.$$

Следовательно,

$$K_{кр} = \frac{T_{шва}}{T_{н.кр}} = \frac{z_{стр} \cdot t_i}{z_c t_{ср}}.$$

Тогда величина $\psi_{кр}$ определится как произведение $K_{кр} \cdot m$. Определив $a'_{кл}$ и $\psi_{кр}$, найдем β'_i по формуле

$$\beta'_i = \frac{1 - \psi_{кр}}{a'_{кл}} + \psi_{кр}. \quad (116)$$

Относительный коэффициент сокращения цикла сборки λ'_i определится из формулы (77)

$$\lambda'_i = \frac{1}{\frac{P_n}{P_n} \cdot \frac{(1 - \psi_i)}{a'_i} + \psi_i},$$

где ψ_i заменим на $\psi_{кр}$, $a_{ср.с. i}$ на a'_i , P_n на $P_{н.ср}$.

Величина $P_{н.ср}/P_n$ на основании (79) равна $1/\gamma_{кр}$. Здесь $\gamma_{кр}$ — относительный коэффициент фронта работ, $P_{н.ср}$ — среднее число пар, работающих на всем протяжении цикла сборки крыла нечлененной конструкции, и P_n — число пар, работающих на панелях.

Тогда

$$\lambda'_i = \frac{1}{\frac{P_{н.ср}}{P_n} \cdot \frac{1 - \psi_{кр}}{a'_i} + \psi_{кр}}. \quad (117)$$

Значения $\psi_{кр}$, a'_i выше уже определены.

Установим значения остальных величин, входящих в формулу (117). Без доказательств очевидно, что $P_n = L_c$, так как на панели максимально может одновременно работать число пар, равное длине панели (секции) в метрах.

Определение значения $P_{н.ср}$

Сборка крыла тонкого профиля в нечлененном варианте выполняется в два этапа. На первом этапе собирается каркас с верхней обшивкой. При этом число работающих пар, как и при сборке панели, будет равно L_c . При сборке нижней обшивки может работать только одна пара, так как обшивка устанавливается в накат. Среднее число рабочих, работающих на протяжении всего цикла сборки, будет равно

$$P_{н.ср} = \frac{T_{н.кр}}{U_{н.кр}}. \quad (118)$$

Но

$$U_{н.кр} = U'_{н.кр} + U''_{н.кр},$$

где $U'_{н.кр}$ — цикл сборки верхней части крыла;

$U''_{н.кр}$ — цикл сборки нижней части крыла.

Если

$$U'_{н.кр} = \frac{T'_{н.кр}}{P'_н} \text{ и } U''_{н.кр} = \frac{T''_{н.кр}}{P''_н},$$

то

$$U_{н.кр} = \frac{T'_{н.кр}}{P'_н} + \frac{T''_{н.кр}}{P''_н}.$$

Можно принять, что $T'_{н.кр} = T''_{н.кр} = 0,5 \cdot T_{н.кр}$, а ранее было определено, что $P'_н = L_c$ и $P''_н = 1$, тогда

$$U_{н.кр} = \frac{0,5 \cdot T_{н.кр}}{L_c} + 0,5 \cdot T_{н.кр} = 0,5 \cdot T_{н.кр} \left(\frac{1}{L_c} + 1 \right). \quad (119)$$

Зная $U_{н.кр}$, можно из формулы (118) определить значение $P_{н.ср}$:

$$P_{н.ср} = \frac{T_{н.кр}}{0,5 \cdot T_{н.кр} \left(\frac{1}{L_c} + 1 \right)} = \frac{1}{0,5 \left(\frac{1}{L_c} + 1 \right)}. \quad (120)$$

Величина $\gamma_{кр}$ определяется из отношения

$$\gamma_{кр} = \frac{P_{п}}{P_{н.ср}} = L_c \cdot 0,5 \left(\frac{1}{L_c} + 1 \right) = 0,5 (1 + L_c). \quad (121)$$

Подставим полученные значения $\frac{P_{н.ср}}{P_{п}} = \frac{1}{\gamma_{кр}}$, получим окончательно λ'_i :

$$\lambda'_i = \frac{1}{\frac{(1 - \psi_{кр})}{0,5 (1 + L_c) \cdot a'_i} + \psi_{кр}} = \frac{a'_i (1 + L_c)}{2 (1 - \psi_{кр}) + \psi_{кр} \cdot a'_i (1 + L_c)}. \quad (122)$$

Относительный коэффициент количества рабочих мест μ'_i определится из [93]:

$$\mu'_i = \frac{1}{m \cdot \frac{U_{\text{п}}}{U_{\text{н}}} + \frac{U_{\text{с.кр}}}{U_{\text{н.кр}}}}.$$

Здесь $U_{\text{с.кр}}/U_{\text{н.кр}} = \psi_{\text{кр}}$, а на основании (94)

$$\frac{U_{\text{п}}}{U_{\text{н.кр}}} = \frac{T_{\text{н.кр}} (1 - \psi_{\text{кр}})}{T_{\text{н.кр}} \cdot a'_i} \cdot \frac{P_{\text{н.ср}}}{P_{\text{п}}} = \frac{1 - \psi_{\text{кр}}}{a'_i} \cdot \frac{P_{\text{н.ср}}}{P_{\text{п}}}.$$

Зная, что $\frac{P_{\text{н.ср}}}{P_{\text{п}}} = \frac{1}{0,5 (1 + L_c)}$, можно написать

$$\frac{U_{\text{п}}}{U_{\text{н.кр}}} = \frac{1 - \psi_{\text{кр}}}{a'_i} \cdot \frac{1}{0,5 (1 + L_c)} = \frac{2 (1 - \psi_{\text{кр}})}{a'_i (1 + L_c)}. \quad (123)$$

Тогда, если принять $m = 2$ и $U_{\text{с}}/U_{\text{н}} = \psi_{\text{кр}}$, то

$$\mu'_i = \frac{a'_i (1 + L_c)}{4 (1 - \psi_{\text{кр}}) + \psi_{\text{кр}} \cdot a'_i (1 + L_c)}. \quad (124)$$

Относительный коэффициент потребных производственных площадей ω определяется на основании формулы (103).

Коэффициент $\varepsilon_{\text{п.кр}} = S_{\text{п.кр}}/S_{\text{н.кр}}$ во всех случаях для тонких крыльев, имеющих высоту лонжерона меньше 0,75 м, можно полагать равным единице.

$\varepsilon_{\text{с.кр}} = \frac{S_{\text{с.кр}}}{S_{\text{н.кр}}}$ также будет равен единице, отношение $\frac{U_{\text{п}}}{U_{\text{н.кр}}}$

из (123) равно $\frac{2 (1 - \psi_{\text{кр}})}{a'_i (1 + L_c)}$, а $\frac{U_{\text{с.кр}}}{U_{\text{н.кр}}} = \psi_{\text{кр}}$.

Как и прежде, примем $m = 2$.

Подставляя эти значения в (103), получим

$$\omega'_i = \frac{a'_i (1 + L_c)}{4 (1 - \psi_{\text{кр}}) + \psi_{\text{кр}} \cdot a'_i (1 + L_c)}. \quad (125)$$

Как видно, $\omega'_i = \mu'_i$.

Подставляя в формулы (116, 122, 124 и 125) вместо a'_i значения $a'_{\text{кл}}$, $a'_{\text{пр}}$ и $a'_{\text{авт}}$, можно определить величины относительных коэффициентов β'_i , λ'_i , μ'_i и ω'_i соответственно для схем сборки А, В и Д.

§ 32. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОТНОСИТЕЛЬНЫХ КОЭФФИЦИЕНТОВ ДЛЯ КРЫЛА ТОЛСТОГО ПРОФИЛЯ

Работа по сборке такого крыла может производиться в вертикальном стапеле. Определим среднесекционный коэффициент производительности труда $a_{\text{кл}}''$ при сборке толстого крыла.

Разделим сечение крыла на три зоны (рис. 30).

В первой зоне, где ставится $2 \cdot 0,25 \cdot z_c$ заклепок, рабочий работает в стесненных условиях. Норма времени при этом на постановку одной заклепки будет равна t_4 .

Во второй зоне, где ставится $2 \cdot 0,5 \cdot z_c$ заклепок, работа выполняется в свободных условиях, инструмент перед собой. Норма времени соответственно равна t_1 .

В третьей зоне, где ставится $2 \cdot 0,25 \cdot z_c$ заклепок, работа производится в стесненных условиях. Норма времени будет t_6 .

Площадь зон пропорциональна трудоемкости работ, производимых в этих зонах.

Данные для определения относительного коэффициента изменения производительности труда берутся из чертежа:

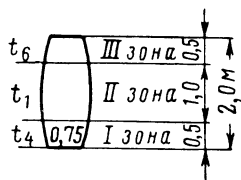


Рис. 30. Сечение толстого крыла и разбивка его на зоны.

$$a_{\text{кл}}'' = \frac{2 \cdot t_4 \cdot 0,25 + 2t_1 \cdot 0,5 + 2t_6 \cdot 0,25}{2t_1} = \frac{0,25 (t_4 + 2t_1 + t_6)}{t_1}.$$

По аналогии с формулами (113) и (114)

$$a_{\text{пр}}'' = \frac{0,25 (t_4 + 2t_1 + t_6)}{t_{\text{пр}}} \quad (126)$$

и

$$a_{\text{авт}}'' = \frac{0,25 (t_4 + 2t_1 + t_6)}{t_{\text{авт}}}. \quad (127)$$

Величина $\psi_{\text{кр}}$ определяется так же, как и для первого случая сборки крыла, т. е. по формуле

$$\psi_{\text{кр}} = K \cdot m.$$

Изменение трудоемкости при сборке толстого крыла определяется относительным коэффициентом β_i'' :

$$\beta_i'' = \frac{1 - \psi_{\text{кр}}}{a_i''} + \psi_{\text{кр}}. \quad (128)$$

Величину фронта работ при сборке толстого крыла $\gamma_{\text{кр}}''$ можно принять равной единице, так как в большинстве случаев $P_{\text{н}} = P_{\text{п}}$.

Тогда относительный коэффициент сокращения цикла сборки λ_i'' определится по формуле (122), если полагать $\gamma_{кр}=1$, т. е.

$$\lambda_i'' = \frac{a_i''}{(1 - \psi_{кр}) + a_i'' \psi_{кр}}. \quad (129)$$

Аналогично коэффициент изменения числа рабочих мест μ_i будет в соответствии с формулой (124) равен

$$\mu_i'' = \frac{a_i''}{2(1 - \psi_{кр}) + \psi_{кр} \cdot a_i''}. \quad (130)$$

И, наконец, коэффициент изменения производственных площадей ω_i'' определится в соответствии с формулой (125).

При этом следует иметь в виду, что при высоте лонжеронов 0,75 м и выше коэффициент $\epsilon_{п.кр}$ не будет равен единице, тогда

$$\omega_i'' = \frac{a_i''}{2(1 - \psi_{кр}) \epsilon_{п.кр} + \psi_{кр} \cdot a_i''}. \quad (131)$$

Заменяя в формулах (128, 129, 130, 131) a_i'' на значения $a_{кл}''$, $a_{пр}''$ и $a_{авт}''$, получим величины относительных коэффициентов λ_i'' , λ_i'' , μ_i'' и ω_i'' соответственно для схем сборки А, В и Д.



Глава IX

ТЕХНИКА ЧЛЕНЕНИЯ САМОЛЕТНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

§ 33. РАЗВИТИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СХЕМ СБОРКИ

Анализируя развитие производства самолетов за период с 1916 г. до наших дней, можно заметить следующие резко выраженные этапы в развитии принципиальных схем сборки самолетов.

По 1920 г. применялась и совершенствовалась следующая последовательность сборки самолетов. Основной сборочной единицей являлся технологический узел, который собирался из отдельных деталей (рис. 31, б, в). Из технологических узлов и отдельных деталей собиралась более крупная сборочная единица — агрегат (рис. 31, а). Из агрегатов собирался самолет.

Такую последовательность сборочных работ можно представить следующей схемой:

(деталь → узел) + (деталь → агрегат → самолет).

В начале 30-х годов в конструкции самолета появилась новая сборочная единица — секция (часть агрегата), создаваемая с по-

мощью сечений, перпендикулярных оси агрегата на основе конструктивных производственных или эксплуатационных требований (рис. 32). Так как в то время уже появилась настоятельная

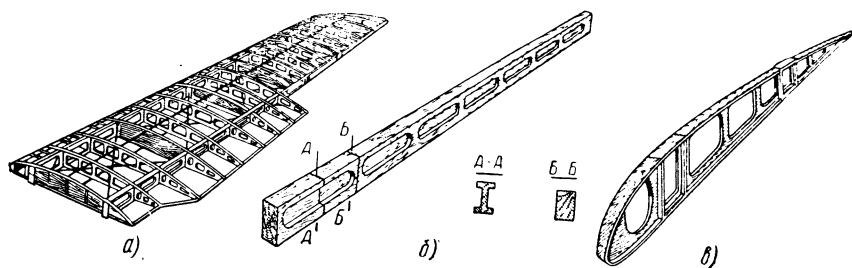


Рис. 31. Сборочные единицы самолета до начала 20-х годов. Крыло (а), члененное на технологические узлы: лонжерон (б), нервюра (в)

необходимость в сборочных приспособлениях, то секция, будучи меньше агрегата, требовала менее громоздких приспособлений для сборки. Последовательность сборочных работ на этом этапе может быть выражена следующим образом:

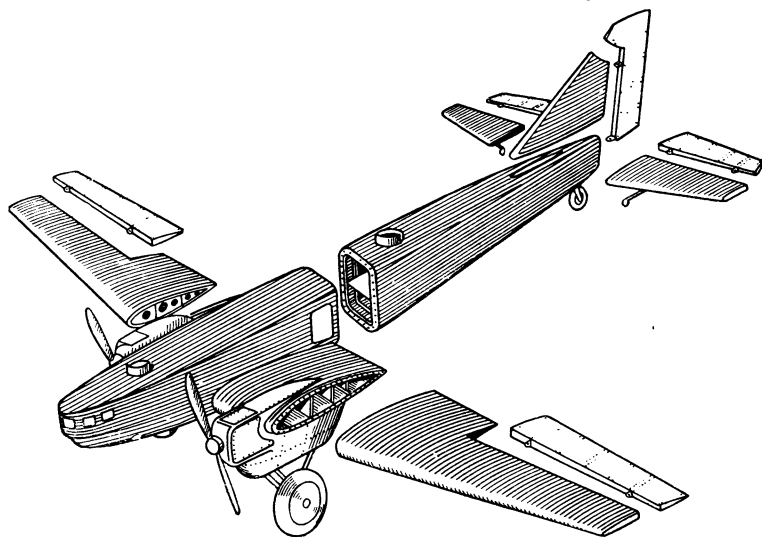


Рис. 32. Схема членения самолета периода начала 30-х годов. Фюзеляж, крыло и хвостовое оперение членены на секции (деталь → узел) + (деталь → секция) + (деталь → агрегат → самолет).

В конце 30-х годов наметилась дальнейшая дифференциация конструкции агрегатов, а именно: секция стала члениться на па-

нели. Панель состоит обычно из участка обшивки, подкрепленной соответствующими элементами силового набора. Характерным признаком панели является незамкнутость ее конструкции (рис. 33). Панель, в свою очередь, делится на узлы (рис. 34) и узлы — на детали (рис. 35).

В связи с этим изменилась и последовательность сборочных работ, которую можно представить в виде схемы:

(деталь → узел) + (деталь → панель) + (деталь → секция) + (деталь → агрегат → самолет).

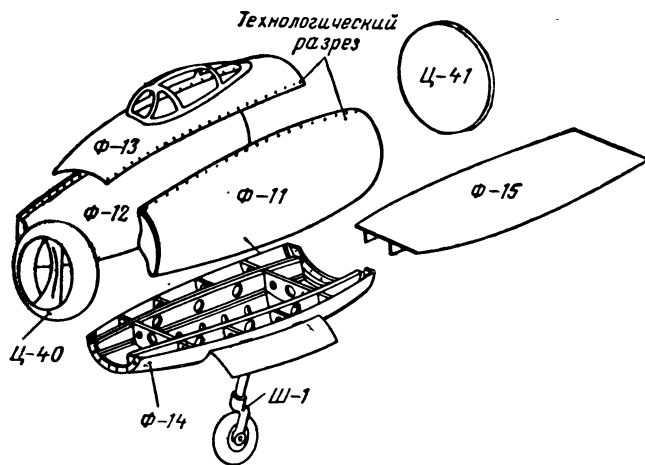


Рис. 33. Членение кабины летчика на панели и узлы:

Ф-12—панель правого борта; Ф-11—панель левого борта; Ф-13—верхняя панель; Ф-14—нижняя панель; Ф-15—панель пола. Узлы Ц-40—носовой обтекатель, Ц-41—задняя перегородка кабины; Ш-1—передняя нога шасси

Из приведенной краткой исторической справки видно, что развитие конструкций самолетов было тесно связано с потребностями производства. Стремление к снижению трудоемкости сборочных работ и повышению производительности труда требовало улучшения условий и разделения труда, расширения фронта сборки и создания условий для механизации клепки.

Все эти требования удовлетворялись конструкторами путем последовательного членения (рис. 36) конструкций агрегатов на секции, секций — на панели и узлы. Перевод большинства сборочных работ из условий агрегата и секции на узловую и панельную сборки (см. рис. 10) привел к улучшению условий труда и создал предпосылки для дальнейшего повышения производительности труда. Механизация клепальных работ по-настоящему стала возможна также только после членения секций и агрегатов на панели.

Следует оговориться, что членение самолета на сборочные единицы (агрегаты, секции, панели и узлы) и связанное с этим

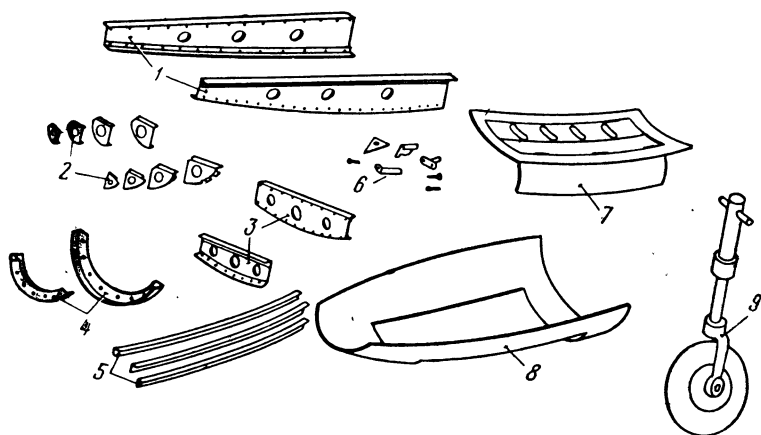


Рис. 34. Членение нижней панели Ф-14 на узлы и детали:

1—продольные балки; 2—комплект диафрагм; 3—поперечные балки; 4—торцовые шпангоуты; 5—стрингеры; 6—комплект соединительных деталей; 7—створки люка с окантовкой; 8—нижняя обшивка; 9—передняя нога шасси (1, 3, 7 и 9—узлы; 2, 4, 5, 6 и 8—детали)

разделение труда как при проектировании конструкции, так и при ее изготовлении, не является единственным мероприятием, направленным на снижение трудоемкости. Едва ли не еще больший эффект для снижения трудоемкости должны оказать: решение проблемы взаимозаменяемости, совершенствование существующих технологических процессов производства отдельных деталей и процессов сборки, а также организационные мероприятия, направленные к достижению этой цели (кооперация, организация поточных линий и т. п.).

Из всего сказанного можно сделать вывод, что при создании конструкций самолетов необходимо учитывать требования и возможности производства, так как это приводит к значительно меньшей трудоемкости по сравнению с конструкциями, спроектированными без учета требований производства.

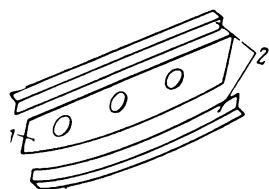


Рис. 35. Членение узла продольной балки на детали:

1—стенка; 2—профили

§ 34. ОБЩИЕ ВОПРОСЫ ЧЛЕНЕНИЯ

В конце эскизного проектирования создается общий вид будущего самолета.

Обычно общий вид самолета изображается в трех проекциях и судить о данных конструкции можно только в самых общих чертах. Никаких подробностей о том, как решена конструкция фюзеляжа, крыла или центроплана и других агрегатов и узлов нет, кроме отдельных участков конструкции фюзеляжа (кабин,

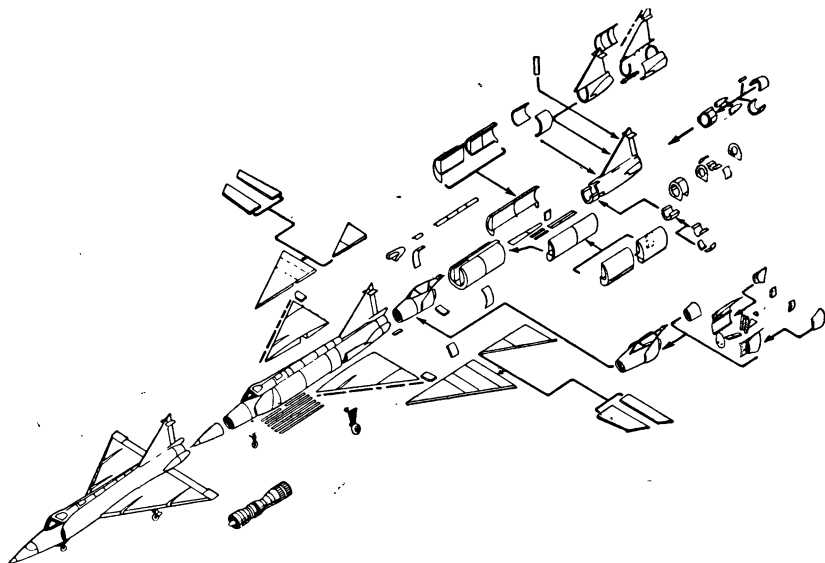


Рис. 36. Схема членения самолета на агрегаты, агрегатов — на секции, секций — на панели и узлы, панелей и узлов — на детали

спецотсеков), распределения экипажа и оборудования по фюзеляжу, представленных на продольном разрезе фюзеляжа — компоновочном чертеже. Размеры конструкции на компоновочном чертеже даются только габаритные и принять решение, как организовать процесс изготовления фюзеляжа на опытном и серийном заводах с достаточной точностью нельзя.

Однако именно на этом этапе проектирования самолета необходимо принять те принципиальные решения, которые в дальнейшем при детальной разработке конструкции позволят учесть требования технологии и производства.

Как уже было отмечено выше, современный опыт и теория самолетостроения требуют членения конструкции самолета на агрегаты, агрегатов — на секции и секций — на панели и узлы.

Членение самолета на сборочные единицы обеспечивает:

а) разделение труда при проектировании, так как позволяет выполнять конструкторскую работу в специализированных

бригадах, что способствует повышению труда конструкторов и тем самым ведет к сокращению сроков проектирования;

б) разделение труда в производстве, так как дает возможность создавать параллельные циклы изготовления сборочных единиц и этим самым обеспечивает сокращение общего времени постройки самолета, а также снижает потребность в производственных площадях для сборки;

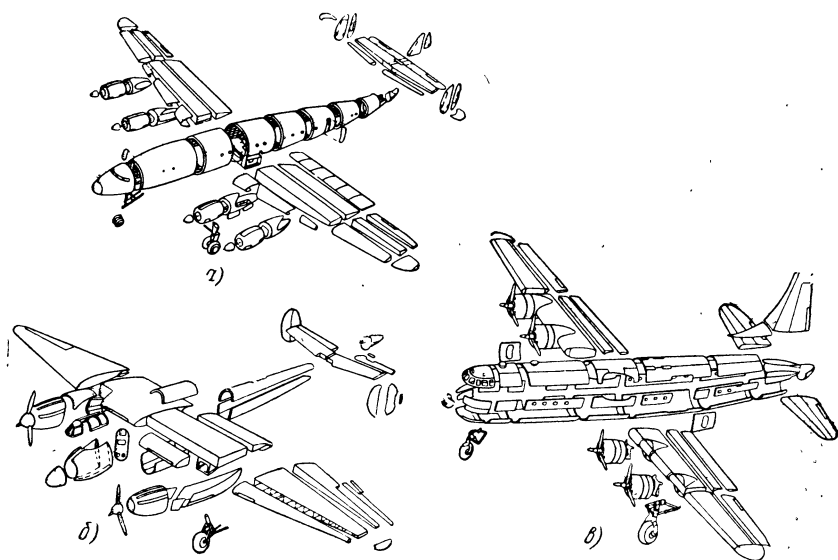


Рис. 37. Схемы членения самолета

в) снижение затрат труда как при строительстве самолета, так и при его эксплуатации;

г) облегчение транспортировки;

д) облегчение ремонта самолета.

Определив число панелей в секциях агрегатов и установив схему сборки, как это было рекомендовано в предыдущих главах, приступают к составлению схемы членения самолета на агрегаты, секции, панели и узлы.

Схема членения представляет собой изображение всех сборочных единиц на рисунке в таком порядке, чтобы можно было ясно представить общую компоновку самолета.

Рассмотрим ряд схем членения, взятых из практики отечественного и зарубежного самолетостроения.

На рис. 37, а изображено членение агрегатов самолета только на секции. Такое членение не дает большого эффекта, так как условия труда в секциях мало отличаются от условий труда в агрегатах.

На рис. 37, б показано членение агрегатов самолета на секции, а передней кабины и хвостовой части фюзеляжа — на панели.

Хорошо проведено членение на секции и панели фюзеляжа самолета, представленного на рис. 37, в. В тоже время крылья, гондолы двигателя и оперение членены только на секции. Обращает на себя внимание оформление стыка установки двигателя с крылом: фасонные части гондол в виде обтекателя отнесены к секциям крыла, что не сделано у гондол двигателя самолета, показанного на рис. 37, а. Здесь сочленение основания гондол двигателя с крылом и центропланом трудоемко и тяжело выполнимо.

Анализ практики членения самолетов и опыт, накопленный по сборочным процессам, позволяют сформулировать наиболее общие технологические и производственные требования к конструкции самолетов.

Рассмотрим эти требования.

§ 35. ПОПЕРЕЧНЫЕ РАЗЪЕМЫ И ТРЕБОВАНИЯ К НИМ СО СТОРОНЫ ПРОИЗВОДСТВА

Поперечные разъемы обычно применяют для деления агрегатов на секции.

Такое деление вызывается требованиями производства, конструкции и эксплуатации. В ряде случаев эти требования совпадают. В зависимости от того, какие требования преобладают, разъемы называют технологическими, конструктивными или эксплуатационными, хотя и не всегда эти определения точно отражают характер разъема.

Рассмотрим примеры деления агрегатов на секции с помощью поперечных разрезов и требования к ним.

Технологические поперечные разъемы вызываются требованиями производства. Потребность в них возникает, главным образом, при больших размерах агрегатов. Изготовление таких агрегатов в нечлененном варианте, как крыло, показанное на рис. 38 а, создает в производстве ряд серьезных трудностей:

а) трудность сборки, связанная с необходимостью иметь большие размеры зданий сборочных цехов и громоздкие сложные сборочные приспособления;

б) неудобство транспортировки как внутри завода, так и вне завода вследствие большого веса и больших размеров нечлененного агрегата;

в) невозможность изготовления жестких носителей размеров-эталонов вследствие большого их веса и габаритов, что значительно осложняет монтаж стальной оснастки;

г) непроизводительное использование производственных площадей из-за разницы в размере циклов сборки агрегатов самолета и монтажных работ на различных участках по длине агрегата.

Конструктивные поперечные разъемы в агрегатах возникают из конструктивных соображений. Очень часто эти соображения совпадают с потребностями производства.

Наиболее характерными причинами создания конструктивных разъемов являются следующие:

а) резкая разница в характере конструкции отдельных секций агрегатов и связанная с ней технология производства. Например, наличие в фюзеляже герметических кабин требует применения в конструкции соединений, обеспечивающих герметичность швов, а следовательно, и соответствующего технологического процесса сборки. Потребность в испытании кабины Ф-1 на герметичность (см. рис. 38, б) также делает целесообразным отделение ее от остальной конструкции фюзеляжа. Аналогичный пример показан на рис. 38, в, где корневые отъемные части крыла (ОЧК1) используются как топливные емкости-баки и требуют герметизации, в то время как остальные части крыла не требуют герметизации;

б) применение различных материалов, из которых построены отдельные части агрегатов. Например, в современных самолетах, летающих на сверхзвуковых скоростях, носовые части фюзеляжа изготавливаются из термостойких материалов. В конструктивном и технологическом отношении такие секции имеют ряд специфических особенностей, что заставляет выделять их в самостоятельные сборочные единицы;

в) специальные требования к конструкции двигательных установок, что вызывает необходимость отделять эти установки от крыла.

Эксплуатационные поперечные разъемы вызываются требованиями эксплуатации. В качестве примера можно привести появление разъемного соединения между средней и хвостовой секциями фюзеляжа легких самолетов, у которых двигательная установка размещается внутри фюзеляжа. Эти разъемы также используются в интересах производства как естественное разделение фюзеляжа на секции.

В ряде случаев эксплуатационные разъемы создаются из соображений транспортировки крупных агрегатов самолета по же-

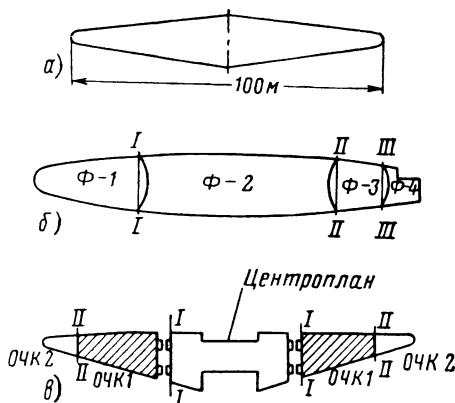


Рис. 38. Причина образования поперечных разъемов I—I, II—II, III—III и выделения секций агрегатов:

а—нечлененное крыло большого размаха; б—наличие в фюзеляже герметических кабин; в—наличие герметизированных отсеков крыла—емкостей топлива

лезным дорогам, где предъявляются особые требования к габаритам грузов.

Эксплуатационные и конструктивные разъемы всегда выполняются как разъемные соединения, т. е. на болтах, винтах, шпильках и т. п. Необходимо, чтобы конструктивно эти разъемы были легко выполнимы в производстве, не требовали сложной оснастки и были удобны в эксплуатации.

Магистраль и коммуникации, пересекающие конструктивные и эксплуатационные разъемы, должны иметь в плоскости разъемов легко соединяющие их устройства с компенсирующими элементами.

Каждая секция должна быть по возможности полностью укомплектована необходимыми и вполне законченными монтажами.

§ 36. ВИДЫ СТЫКОВ МЕЖДУ СЕКЦИЯМИ И АГРЕГАТАМИ

Конструктивное выполнение того или иного разъема двух сборочных единиц называется стыком.

Стыки делятся на два вида: разъемные и неразъемные.

Рассмотрим наиболее характерные разъемные стыки.

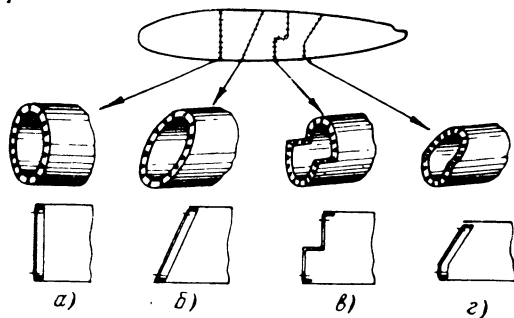


Рис. 39. Виды фланцевых стыков между секциями:

а—прямой, оси болтов параллельны, малка профиля шпангоута постоянна; *б*—косой, оси болтов параллельны, малка переменная; *в*—ступенчатый, оси болтов на разных участках шпангоута перпендикулярны, малка постоянна, шпангоут сложный; *г*—ломаный, оси болтов на разных участках перекрещиваются, малка переменная, шпангоут сложный

Фланцевые стыки (рис. 39). Фланцевый стык между секциями должен лежать в одной плоскости, нормальной к одной из главных осей самолета. Такой стык будем называть прямым фланцевым стыком (см. рис. 39, *а*). В таком стыке легко достичь равенства контактных напряжений по поверхности фланца. Для этого только требуется, чтобы болты были равномерно затянуты по всему соединению. Это легко осуществить, если пользоваться при затяжке гаек тарированными ключами.

Для обеспечения взаимозаменяемости по прямому фланцевому стыку необходима одна плоская мастер-плита, по которой легко проверяются рабочие стыковые плиты (стапельные плиты) сборочных приспособлений. При затяжке болтов движение одного фланца соединения к другому не встречает никаких препятствий в направлении осей болтов и легко осуществляется в производстве.

Косой фланцевый стык (см. рис. 39, б) в производстве вызывает большие трудности:

а) для изготовления стапельных плит сборочных приспособлений двух соединяемых секций потребуется не одна, как для прямого, а две мастер-плиты; б) изготовление соединительных шпангоутов вызывает затруднения из-за наличия на них при косом сечении фюзеляжа переменной малки; в) стоимость оснастки для косого соединения по сравнению со стоимостью оснастки для прямого может увеличиться в четыре-восемь раз.

Поэтому следует избегать применения косого фланцевого стыка.

Ступенчатый (см. рис. 39, в) и **ломаный разъемы-стыки** (см. рис. 39, г) без специальных указаний по их конструкции не могут гарантировать одинаковых напряжений на срез болтов и контактных напряжений по всем поверхностям соединения одновременно. Это происходит по той причине, что затягивание болтов 1 в одной плоскости соединения вызывает перемещение детали в том же направлении и требует наличия зазоров по отверстиям болтов 2, расположенным в другой плоскости (рис. 40), ибо в противном случае не может осуществиться плотное прилегание соединяемых шпангоутов. Следует иметь в виду, что группа болтов в одной из плоскостей соединения выключается из работы на срез и, кроме того, при затяжке всех болтов возможна деформация оси агрегата.

Для изготовления стапельных плит сборочных приспособлений при ступенчатом и ломаном соединениях необходимо иметь две мастер-плиты, а трудоемкость изготовления такого соединения значительно выше, чем прямого. Все это удорожает подготовку производства, удлиняет цикл изготовления оснастки и в конечном итоге увеличивает стоимость соединения двух секций.

Следует категорически не допускать применения ступенчатых и ломаных разъемов и стыков.

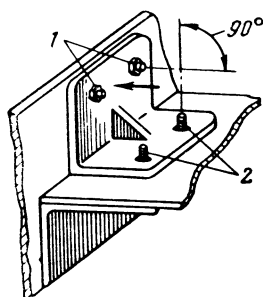


Рис. 40. Схема крепления детали при расположении болтов во взаимно перпендикулярных плоскостях:

1—болты вертикальной плоскости (стрелка показывает направление перемещения детали при затяжке этих болтов); 2—болты горизонтальной плоскости ставятся с зазором

К разъемным стыкам относятся также узловые стыки (рис. 41). По характеру конструктивного оформления их можно разделить на три основных типа (рис. 42):

- 1) соединение «ухо—вилка»;
- 2) соединение «гребенка» и
- 3) соединение при помощи шарового шарнира.

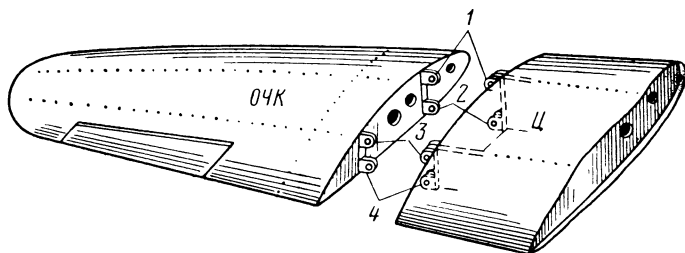


Рис. 41. Стык отъемной части крыла и центроплана:

1, 2, 3, 4—стыковые узлы

Стык «ухо — вилка» имеет наибольшее применение.

Плоскости щек уха и вилки в таком стыке требуют хорошего совпадения. Требуется также соосность отверстий по осям болтов. Эти требования легко выполнимы при сочленении одного узла, но при группе узлов, что обычно и бывает в соединении двух сборочных единиц, необходима также точность размеров между стыковыми узлами.

На практике размещение вполне законченных обработкой узлов типа «ухо—вилка» (рис. 43) вызывает обычно подгоночные

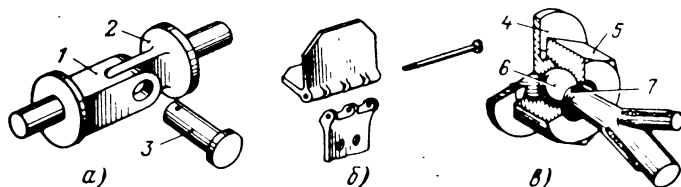


Рис. 42. Типы стыков:

а—«ухо—вилка»; б—«гребенка»; в—шаровой шарнир; 1—вилка; 2—ухо; 3—палец; 4—шаровая обойма; 5—накидная гайка; 6—шаровая головка; 7—хвостовик шаровой головки

работы из-за искажения размеров А, Б, В и Г при установке отдельных узлов (1, 2, 3, 4). Поэтому при сборке отдельных секций на них устанавливают узлы, имеющие припуски по щекам и отверстиям. Эти припуски снимаются при разделке всего разъема на законченной сборке в разделочном стенде. Разделка обеспечивает вполне удовлетворительную взаимозаменяемость стыка типа «ухо—вилка» двух секций или агрегатов.

Не рекомендуется давать конструкцию стыка «ухо-вилка» с разными расстояниями между верхними и нижними узлами, как показано на рис. 44, а, так как при таком расположении узлов

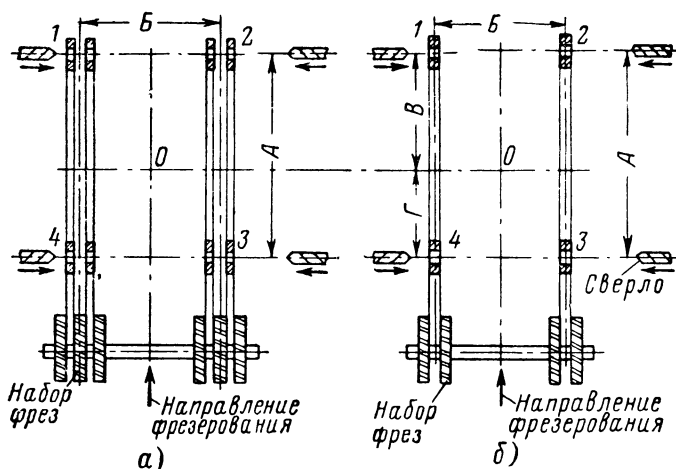


Рис. 43. Схема размещения группы узлов в стыке типа «ухо-вилка» при соединении двух агрегатов а и б и установка фрез и сверл при обработке такого соединения в разделочном стенде

обработку приходится вести в два установка — отдельно верхних и отдельно нижних стыковых узлов. Конструкция стыков, представленных на рис. 44, б, в, совершенно не должна применяться, так как добиться их взаимозаменяемости, даже с применением разделочного стенда, чрезвычайно трудно, что может привести к значительному удорожанию производства.

Стык «гребенка» представляет частный случай соединения «ухо-вилка» и по существу своих свойств ничем от него не отличается.

Стыковка агрегатов при помощи шарового шарнира требует для своей нормальной работы точного совпадения цент-

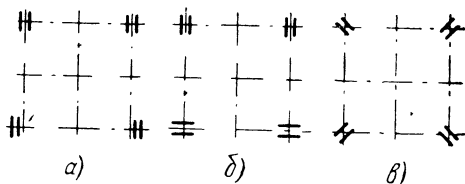


Рис. 44. Нетехнологичное размещение группы узлов в стыке типа «ухо-вилка» в соединении двух агрегатов:

а — нерекомендуемое расположение узлов; б, в — недопустимое расположение узлов

ров шаровой головки и шаровой обоймы. Шарнир хорошо работает при точном выполнении самого шара и его обоймы. Взятый в отдельности шаровой шарнир устанавливается легко. Сборка стыка между секциями с несколькими шаровыми разъемными узлами (рис. 45) осуществляется удовлетворительно только в том

случае, если центры всех шаров лежат в одной плоскости и если предусмотрена возможность перемещения центра шара при регулировании соединения в направлении C , перпендикулярном этой плоскости (см. рис. 45, a).

На рис. 45, b показана конструкция стыка с шаровыми шарнирами, у которых хвостовики шаровых головок непараллельны. При регулировании таких соединений происходит перемещение центра шара по направлению хвостовика C под углом α к плоскости, проходящей через центры шарниров соединения, что приводит к изменению размера A на величину a и размера B на величину b .

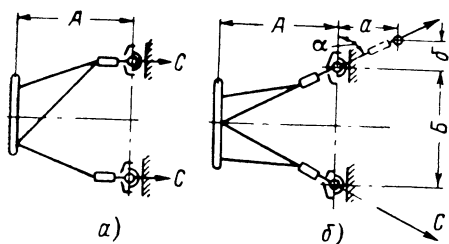


Рис. 45. Схема расположения шаровых шарниров:

a —правильное; b —неправильное

При затяжке накладных гаек вследствие этого появляются нежелательные деформации в стержнях.

Неудовлетворительно работает шаровое соединение и в том случае, когда центры шара и обоймы не совпадают. В этом случае при затяжке накладной гайки на поверхности шара и обоймы могут возникнуть большие напряжения смятия, так как обойма прилегает к шару не

всей поверхностью. Следует избегать применения стыков с шаровыми узлами.

Компенсированные или скользящие соединения относятся к группе неразъемных стыков. Такие соединения широко применяются при сопряжении двух фюзеляжных панелей друг с другом (рис. 46). Обшивочный лист 1 приклепан к стрингеру 2, а обшивочный лист 3 — к стрингеру 4. При соединении таких панелей стык листов (узел 1) образуется без ступеньки, а зазор между листами может быть выдержан в пределах $0,5 \div 1$ мм. Внешние обводы агрегата и размер D по горизонтали легко получают за счет вписывания панелей в контуры рубильников 5 сборочных приспособлений, а размер D по вертикали выдерживается благодаря жесткости шпангоутов. Неизбежно накапливающиеся ошибки при сборке отдельных панелей так же, как и неточности при обрезке листов обшивок, компенсируются за счет зазора между листами.

Таким образом, скользящее соединение позволяет получить правильную форму сечения секции и выдержать зазор между листами.

Соединение панелей 1 и 2, у которых кромки листов обшивок ограничены жесткими профилями 3 (рис. 47), не всегда позволяет выдержать форму сечения секции и часто приводит к ее искажению.

Следует избегать подобного конструктивного оформления соединения панелей. Если же будут убедительные доводы в пользу такого соединения, то в целях компенсации погрешностей при сборке, окантовывать такие панели следует так, чтобы всегда между стыковыми профилями 3 можно было вставить прокладки 4 для соблюдения заданного диаметра секции по горизонтали ($D_{гориз}$).

Скользящие соединения могут использоваться и в том случае, когда по каким-либо причинам нельзя обойтись без ступенчато-

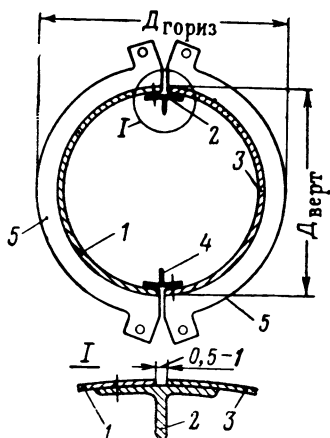


Рис. 46. Компенсирующее или скользящее соединение панелей

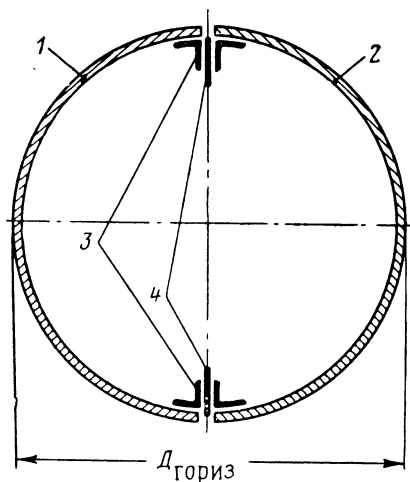


Рис. 47. Соединение панелей с применением компенсатора-прокладки

го, косого или ломаного соединения между секциями (рис. 48). Следует только помнить, что в этом случае и продольные и поперечные соединения должны быть неразъемными. Сборку следует производить следующим образом: установить в стапель носовую 1 и хвостовую 2 секции фюзеляжа, наложить на стыковые шпангоуты секций отдельные панели а, б, в, г средней секции, проклепать стыки по шпангоутам и продольные швы между панелями.

Смешанные стыки. Соединение, например, центроплана с отъемной частью крыла, сконструированное с применением фланца и узлов типа «ухо—вилка» (рис. 49) или фланца и шарового шарнира, называется смешанным стыком. Сборка таких соединений весьма затруднительна и требует большого объема подготовочных работ, что значительно увеличивает цикл сборки. Это объясняется тем, что добиться одновременного точного прилегания поверхностей фланцев 1 и 2, а также совпадения отверстий в вильчатых узлах при раздельной сборке центроплана и отъемной части крыла (ОЧК) невозможно.

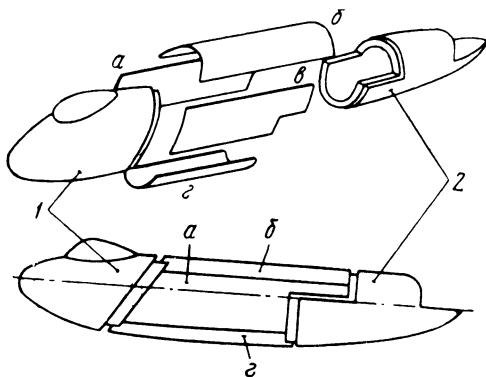


Рис. 48. Применение скользящего соединения при сборке секции с косым или ступенчатым видом разреза

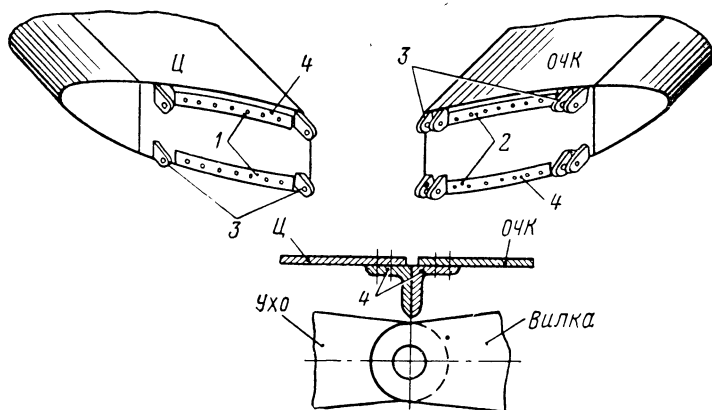


Рис. 49. Смешанное соединение:

1 и 2—поверхности фланцев; 3—узлы «ухо-вилка»; 4—профили фланцевого стыка; Ц—центроплан; ОЧК—отъемная часть крыла

§ 37. ПРАВИЛА ЧЛЕНЕНИЯ САМОЛЕТНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Большие преимущества, получаемые производством при изготовлении члененных конструкций, могут быть утрачены неудачной компоновкой последних, вызывающей значительный объем затрат труда на подгоночные работы при соединении панелей, узлов и секций.

Опыт, накопленный по сборочным процессам, позволяет сформулировать наиболее общие технологические и производственные правила при членении конструкций самолетов на сборочные единицы.

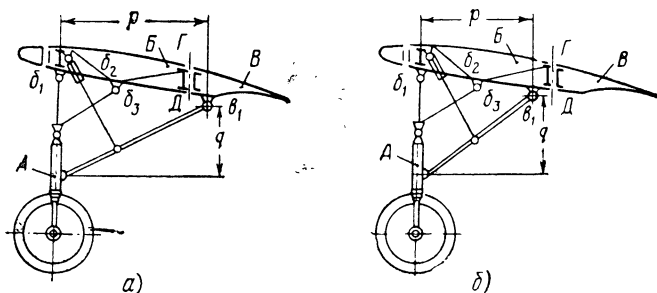


Рис. 50. Крепление ноги убирающегося шасси на центроплане:

а—неправильное: узлы b_1 , b_2 и b_3 отнесены к средней секции, а узел v_1 отнесен к хвостовой секции центроплана; *б*—правильное, все узлы (b_1 , b_2 , b_3 и v_1) крепления ноги шасси отнесены к средней секции

Первое правило. Соединение двух сборочных единиц следует производить непосредственно друг с другом, не допуская включения в соединение третьей сборочной единицы или, другими словами, нельзя производить соединения двух сборочных единиц через третью.

Рассмотрим применение этого правила на примерах.

Пример 1. Крепление ноги убирающегося шасси на центроплане (рис. 50). Если при членении центроплана на секции с помощью разъема $ГД$ узлы крепления шасси b_1 , b_2 и b_3 отнести к средней секции $Б$, а узел v_1 к задней секции $В$, то размеры p и q окажутся связанными с выполнением соединения по разъему $ГД$. Основное требование к соединению секций по разъему $ГД$ состоит в том, чтобы после сопряжения секций $Б$ и $В$ поверхность центроплана была непрерывна, без ступеней и нарушения профиля крыла. К выполнению этого требования, очевидно, и будут стремиться сборщики при соединении секций по стыку $ГД$. Выдержать при этом одновременно точность размеров p и q невозможно, вследствие чего положение узла v_1 окажется неопределенным, что может привести к нарушению действия механизма уборки шасси.

Для того чтобы обеспечить нормальную работу шасси, сборщики будут принуждены ставить узел $в_1$ «по месту» уже после соединения секций $Б$ и $В$ между собой или сверлить отверстия в нем также «по месту», выдерживая размеры p и q (см. рис. 50, а).

Чтобы избежать подгоночных работ при установке узла $в_1$ (см. рис. 50, б), достаточно разместить его при проектировании на одной секции с узлами $б_1$, $б_2$ и $б_3$. Такое размещение узлов

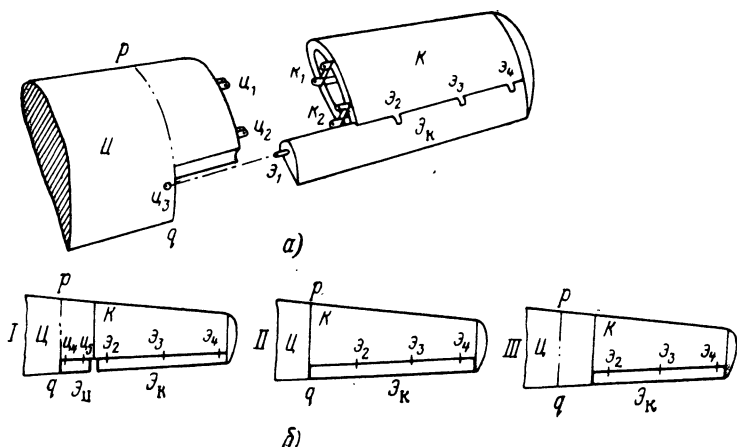


Рис. 51. Установка элерона на крыло:

а—неправильная; б—правильная; Ц—центроплан; К—крыло; Эк —элерон на крыле; Эц —элерон на центроплане

обеспечивает точность размеров p и q еще при сборке секции $Б$ в сборочном приспособлении, в связи с чем отпадает необходимость в подгоночных работах по узлу $в_1$ после соединения секций $Б$ и $В$. Таким образом, при соединении сборочной единицы (шасси $А$) только с одной сборочной единицей (секцией $Б$) можно гарантировать точность всех размеров, важных для кинематики механизма уборки шасси.

Пример 2. Установка элерона на крыле (рис. 51).

Крыло $К$ с помощью узлов $к_1$ и $к_2$ соединяется с центропланом $Ц$ по узлам $ч_1$ и $ч_2$. Предполагается, что элерон $Э_к$ уже предварительно навешен на крыло с помощью шарниров $э_2$, $э_3$ и $э_4$ с соблюдением требований вписывания его в обвод крыла, балансировки и вращения вокруг оси без люфтов.

При соединении крыла и центроплана шарнир $э_1$ элерона $Э_к$ не совпадет со своим гнездом $ч_3$ на центроплане (см. рис. 51, а), так как при навеске элерона выдерживалось главное требование — обеспечить совпадение поверхности крыла и элерона. Для того чтобы гарантировать вращение элерона вокруг оси шарнира на крыле и на центроплане, необходимо устанавливать обе ча-

сти шарнира ε_1 (штырь на элероне и гнездо на центроплане) «по месту», что требует большого объема подгоночных работ. Для удовлетворительного решения навески элерона без подгонки узла шарнира ε_1 следует или разрезать элерон по линии разъема крыла и часть элерона $\varepsilon_{\text{ц}}$ навесить самостоятельно на центроплан шарнирами ε_4 и ε_5 (см. рис. 51, б, I), или отнести разъем крыла с центропланом на линию pq (см. рис. 51, б, II), или уменьшить поверхность элерона на величину его части $\varepsilon_{\text{ц}}$ (см. рис. 51, б, I и III). Во всех трех случаях все сборочные единицы соединяются попарно друг с другом и при их сборке не требуется подгоночных работ.

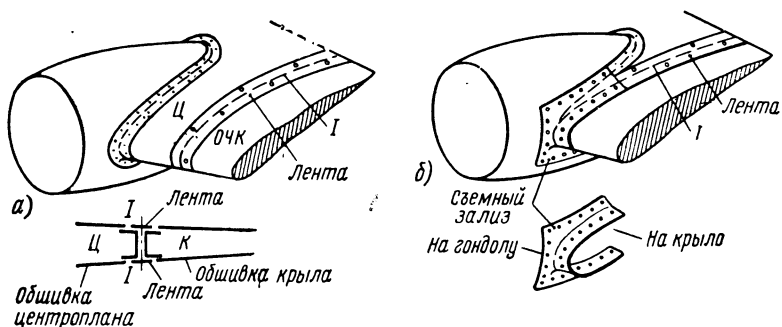


Рис. 52. Соединение крыла с центропланом:

а—правильное соединение; б—неправильное соединение; Ц—центроплан; К—крыло

Второе правило. Соединение агрегатов должно проводиться посредством поверхностей простых форм (плоскость, цилиндр, конус). Соединения посредством поверхностей двойной кривизны следует избегать.

Рассматривая соединение между крылом и центропланом (рис. 52, а), можно заметить, что граница агрегатов проходит по простой линейчатой поверхности. Перекрытие стыка I может быть осуществлено плоской лентой, позволяющей избежать ступеньки между поверхностями обшивок крыла и центроплана. Если же соединение агрегатов будет проходить по фасонной поверхности, то кроме ленты для перекрытия стыка I необходимо иметь съемный обтекатель-зализ гондолы двигателя (см. рис. 52, б). Оформление такого соединения всегда приходится выполнять в условиях цеха общей сборки, производя подгонку обтекателя «по месту». Эта работа требует большого искусства от рабочего-медника и длительного времени на ее выполнение, что приводит к удорожанию продукции, а главное, в этих условиях трудно получить удовлетворительное качество соединения. По той же причине компоновка обтекателей, показанная на рис. 53, I, II, III (случай а), всегда предпочтительнее, чем компоновка обтекателей и зализов, показанных на рис. 53, I, II, III (случай

б), так как качество переходов от одного агрегата к другому при оформлении соединений в случае *а* выше, что обеспечивает и лучший аэродинамический эффект.

В случае *а* соединения проходят по простым формам агрегатов и обтекатели-зализы отнесены к одному из агрегатов; в случае *б* обтекатели-зализы — накладные и должны подгоняться индивидуально «по месту».

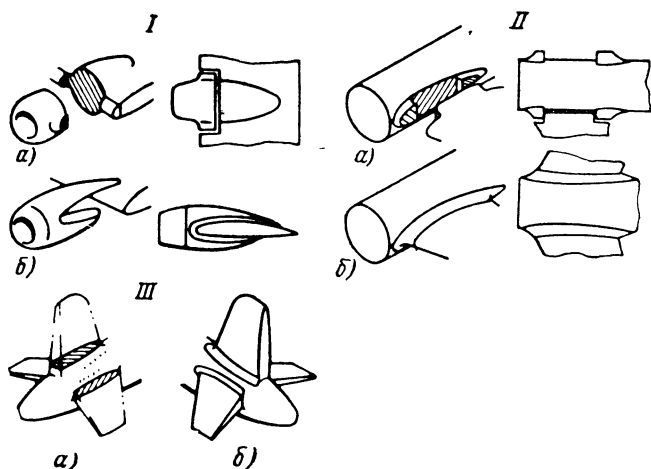


Рис. 53. Компонка соединений со сложными формами обтекателей:

зализы I—гондолы двигателя с крылом; II—центроплана с фюзеляжем; III—оперения с фюзеляжем
а—правильно оформленные сопряжения фасонных поверхностей;
б—неудовлетворительно оформленные переходы. Качество поверхности обтекателей ниже, чем обтекателей в случае *а*

Третье правило. Продольные соединения между панелями должны быть компенсирующими, а соединения по торцам панелей — жесткими.

Применение компенсирующих или скользящих стыков (см. рис. 46) в продольных соединениях панелей позволит избежать влияния этих соединений на форму и размеры секции при ее сборке из панелей.

Для получения правильно оформленного торцового соединения секции, у которого торцы всех панелей должны лежать в одной плоскости (рис. 54, *а*), целесообразно применять панели с «мягкими» поперечными стыками, т. е. с неприклепанными торцовыми профилями I (сечение А—А). При сборке секции из «мягких» панелей профили торцовых шпангоутов фиксируются предварительно по стапельным плитам сборочного приспособления, затем обшивка панелей накладывается сверху на полки этих профилей и проклепывается. Далее клепаются продольные

соединения панелей и лишь в самом конце проклепываются накладки, соединяющие части шпангоутов. При использовании «мягких» панелей торцовый шпангоут можно изготовлять целиком из одного профиля с одним стыком (см. рис. 54, в). Накладка этого стыка также должна проклепываться в последнюю очередь. При сборке секции из жестких панелей, ограниченных на торцах профилями 1 (см. рис. 54, б, сечение Б—Б), трудно обеспечить точное совпадение всех панелей по длине. В этом случае, как правило, торцы панелей не лежат в одной плоскости, что вызывает необходимость в дополнительной его доработке (торцовке).

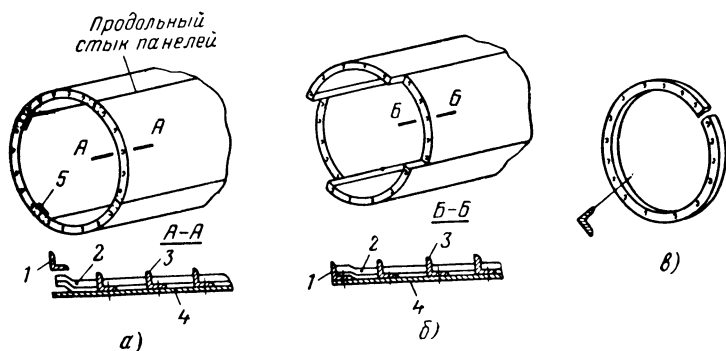


Рис. 54. Влияние «мягких» (компенсирующих) и жестких поперечных соединений панелей на торцовое соединение секций:

1—профиль торцового шпангоута панели; 2—стрингер; 3—промежуточные шпангоуты; 4—обшивка; 5—накладка

Четвертое правило. Всякий отдельный агрегат или секция должны быть после сборки настолько жесткими, чтобы их соединение с другими агрегатами или секциями можно было производить без специальных стapedей.

Это правило, как показывает опыт ряда заводов, вполне выполнимо, если не нарушено требование первое, т. е. если соединение двух сборочных единиц, связанных друг с другом, производится непосредственно. Таким образом, вне стапеля можно собирать фюзеляж из секций, соединять центроплан с фюзеляжем. При этом доводка размеров по стыкам должна выполняться только после того, как агрегат или секция окончательно собраны и являются вполне жесткими.

На этом основании места соединений, разбросанные по различным панелям, должны дорабатываться одновременно на полностью собранной секции.

На рис. 55 показано крепление киля *K* и стабилизатора *C* на фюзеляже. Как видно, передний 3 и задний 4 узлы крепления

правой и левой части стабилизатора расположены на бортовых панелях II и III секции Ф-4, передний узел крепления киля I отнесен к верхней панели I секции Ф-4, а крепление заднего лонжерона киля 2 отнесено к секции Ф-5. При таком расположении узлов крепления киля и стабилизатора соблюдение размеров А и В (см. рис. 55, б и в) возможно только при условии разделки этих узлов в разделочном стенде после сборки секции Ф-4 и со-

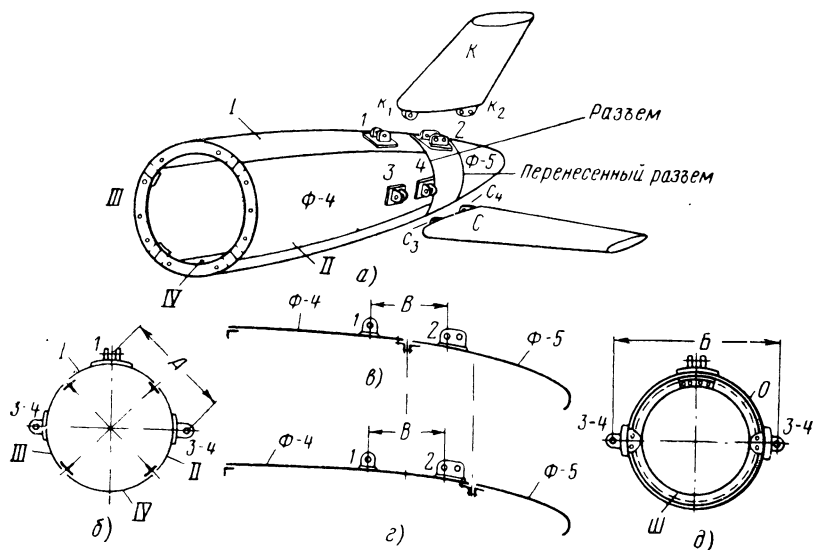


Рис. 55. Компоновка узлов оперения на панелях хвостовых секций фюзеляжа:

а, б, в—неправильная; г, д—правильная; I—верхняя панель секции Ф-4; II и III—бортовые панели; IV—нижняя панель; 1 и 2—узлы крепления киля на фюзеляже; κ_1 и κ_2 —узлы киля; 3 и 4—узлы крепления стабилизатора на фюзеляже; c_3 и c_4 —узлы стабилизатора; III—жесткий шарнир; К—киль; С—стабилизатор

единения ее с секцией Ф-5. При разделке узлов крепления киля и стабилизатора до соединения секции Ф-4 и Ф-5 деформации, возникающие при затяжке болтов по фланцевому стыку, нарушают определенные заранее размерные цепи.

Следует признать рациональным в данном случае перенесение разъема между Ф-4 и Ф-5 в направлении хвостовой части таким образом, чтобы задний узел крепления киля 2 оказался на одной панели с передним узлом (см. рис. 55, г) и этим самым устранить влияние стыка между Ф-4 и Ф-5 на размер В.

Для устранения влияния стыка панелей на размер В узлы крепления стабилизатора 3 и 4 следует установить на жестких шпангоутах III и тем самым исключить их из панельной сборки

(см. рис. 55, *д*). В этом случае шпангоуты не должны члениться по панелям, а должны закладываться в стапель сборки секции с отнятыми узлами 3 и 4 для создания возможности установки обшивки *О* между подошвой узлов и полкой шпангоутов.

Пятое правило. Если две сборочные единицы связаны шарнирным соединением (крыло—элерон, стабилизатор—руль высоты, фюзеляж—шасси и т. п.), то следует собранный шарнир отнести к подвижной сборочной единице. Крепление шарнира по другой сборочной единице производить по специально подготовленной сборочной базе, не разъединяя шарнирного соединения.

Обычно крепление элеронов и рулей высоты осуществляется так, что шарнир подвески делится на части (рис. 56), одна из

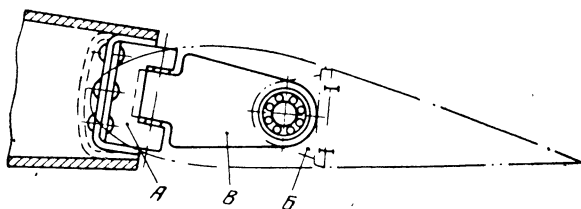


Рис. 56. Шарнир подвески элерона (руля):

А—часть шарнира, жестко закрепленная на крыле (стабилизаторе); *Б*—часть шарнира, жестко закрепленная на элероне (руле); *В*—средняя часть шарнира

которых *А* жестко крепится к крылу (стабилизатору), а другая *Б* к элерону (рулю) до навески последних на крыло (стабилизатор). Средняя часть *В* связывает неподвижные части шарнира.

При сборке элерона с крылом (руля со стабилизатором) приходится выполнять одновременно два требования: совпадение оси всех шарниров подвески и вписывание контуров элерона (руля) в обводы крыла (стабилизатора). Кроме того, при выполнении этих требований необходимо обеспечить заданную величину отклонений и легкость вращения руля или элерона.

Соблюсти все эти требования при этой конструкции шарниров подвески невозможно. Фактически добиться совпадения оси всех шарниров не удастся и в них возникают напряжения, что ведет к утяжелению управления элеронами или рулями.

Подвеска элерона (руля) на многих опорах может быть выполнена с соблюдением всех требований только при очень жесткой конструкции крыла (стабилизатора) на всем участке подвески. На рис. 57 показана другая конструкция шарнира подвески, которая облегчает решение указанной выше задачи. Обе половины этого шарнира имеют единую установочную базу — плоскость *МН*. Крыло (стабилизатор) и элерон (руль) также

должны иметь ответную общую сборочную базу — плоскость $M'N'$. При сборке весь шарнир в собранном виде следует отнести к элерону (рулю) и крепить часть a шарнира по плоскости

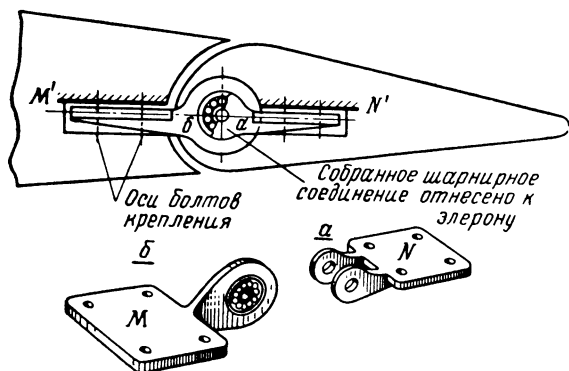


Рис. 57. Установка шарнира, обеспечивающая соосность всех шарниров подвески элерона на крыло:

$a, б$ —части шарнира (вилка и ухо); MN —установочная плоскость шарнира; $M'N'$ —сборочная база крыла (стабилизатора) и элерона (руля)

$M'N'$. Соответственно вторая половина шарнира $б$ должна крепиться на крыле (стабилизаторе) и той же плоскости $M'N'$. Соблюдение этих условий обеспечит при сборке соосность всех шарниров подвески.

Основываясь на этом правиле, соединение шасси с фюзеляжем (рис. 58) с помощью шарнира (неподвижного узла 1 и стойки 2) должно производиться в следующем порядке: собрать шарнир (узел со стойкой) и затем крепить узел неподвижным соединением к фюзеляжу по плоскости MN .

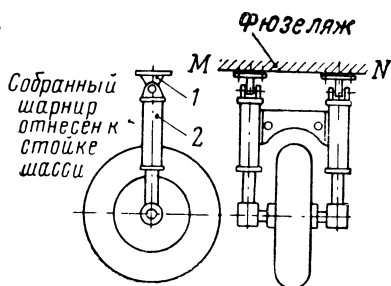


Рис. 58. Крепление шасси к фюзеляжу:

1—неподвижный узел крепления; 2—стойка шасси; MN —плоскость крепления узлов шасси на фюзеляже

Шестое правило. Соединения между узлами, секциями и агрегатами должны производиться без натягов, вызывающих деформации в стыках и сборочных единицах.

Седьмое правило. Соединения по магистралям коммуникаций (электро- и радиосети, воздухо- масло- и водотрубопроводы) должны производиться без подгонки с использованием всевозможных компенсаторов (рис. 59).

Восьмое правило. Монтажные узлы оборудования следует компоновать так, чтобы трубопроводы и провода не протаскивать

каждый в отдельности через отверстия облегчения в шпангоутах, а объединять их в пучки, жгуты, заключая последние в защитную оболочку или в короба (рис. 60).

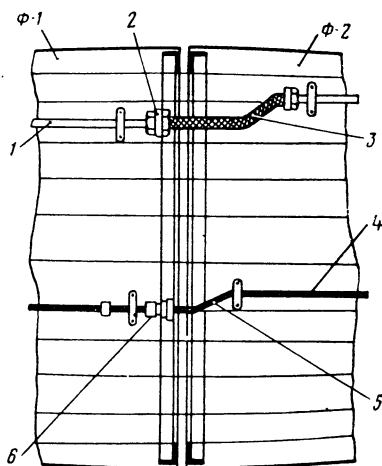


Рис. 59. Применение компенсаторов в соединении коммуникаций в раземе двух секций фюзеляжа Ф-1 и Ф-2:

1—тросопровод; 2—разъем тросопровода; 3—гибкий шланг-компенсатор; 4—электрожгут; 5—свободная часть электрожгута—компенсатор; 6—штепсельный разъем

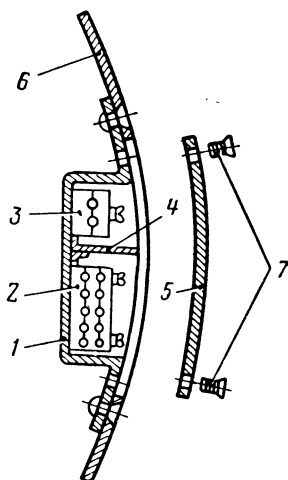


Рис. 60. Монтаж электропроводов и тросопроводов в коробах:

1—короб; 2—колодка с тросопроводами; 3—колодка для крепления жгутов электро- и радиопроводов; 4—продольная перегородка; 5—крышка короба; 6—обшивка фюзеляжа; 7—винты крепления крышки короба

Крепление монтажных узлов к внутренней поверхности панелей и секций должно выполняться преимущественно с помощью болтов.

Девятое правило. Крепление всех видов внутреннего оборудования не должно закрывать доступ к стыкам и соединениям секций и агрегатов между собой.

Глава X

ОБЩИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К КОНСТРУКЦИИ СБОРОЧНЫХ ЕДИНИЦ

§ 38. ФОРМА ПОВЕРХНОСТИ СЕКЦИИ

Рассмотрим общие случаи сборки секций.

Первый случай. Сборка цилиндрической секции (рис. 61).

Диаметры круглых шпангоутов все одинаковы. Поверхность обшивки линейчатая. В этом случае точность сборки секции (по-

нимая под этим соблюдение заданных допусков на форму обводов на поверхности секции) не будет зависеть от расстояния между шпангоутами l_1, l_2, l_3 , а будет зависеть от размеров D и положения стенки шпангоутов. Если плоскость шпангоута не будет нормальна к продольной оси секции, то сечение секции может превратиться в эллипс. Поэтому для обеспечения точности сборки секции являются обязательными два условия: первое — параллельность плоскостей всех стенок шпангоутов или, что то же, их перпендикулярность к оси секции, и второе — равенство диаметров шпангоутов.

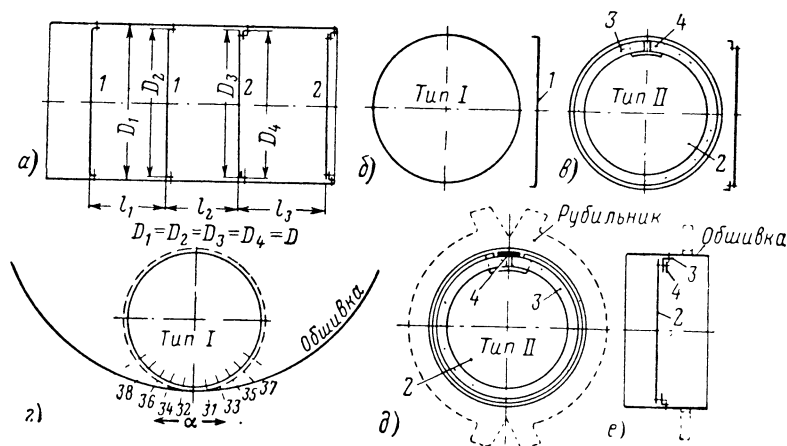


Рис. 61. Сборка секции цилиндрической формы с различными типами шпангоутов

Неточность размера D шпангоутов и отклонение их положения от плоскости, нормальной к оси секции, приведут к той или иной неточности формы поверхности секции.

Неточность поверхности отбортовок шпангоутов типа I (см. рис. 61, б), отштампованных заодно со стенкой шпангоута, может иметь место даже в том случае, если все шпангоуты изготовлены по одному и тому же формблоку, так как может произойти изменение угла малки в результате пружинения материала при гибке отбортовок.

Отклонение положения шпангоута от нормального к оси секции может произойти от небрежности при установке шпангоутов в сборочном стапеле или от ошибки в размещении сборочных отверстий в обшивке. При сборке секции размеры l_1, l_2, l_3 , определяющие дистанции между шпангоутами, на форму поверхности не влияют и добиваться большой их точности не следует, если этого не требуется по каким-либо другим соображениям, кроме соображений о точности обводов секции.

Таким образом, конструкция шпангоута типа *I* сразу связывает размер его диаметра и малку отбортовки. Сборку секции следует начинать с заклепки *a* (см. рис. 61, *з*) по середине обшивки и вести клепку от середины к краям, последовательно устанавливая заклепки 31, 32, 33, 34, 35, 36 и т. д. После приклепывания обшивки к отбортовке шпангоута проклепывают продольный шов по обшивке.

Если при сборке секции применяется конструкция шпангоута типа *II* (см. рис. 61, *в*) из профиля в виде обода или профиля, приклепанного к стенке 2 шпангоута, то порядок сборки, приводимый ниже, сможет дать более точную сборку.

Порядок сборки секции рекомендуется следующий (см. рис. 61, *д*, *е*):

а) обшивка секции базируется и закрепляется по контуру рубильников, после чего проклепывается по продольному шву;

б) подкатанный на круг профиль шпангоута (деталь 3) в незамкнутом виде вставляется внутрь обшивки цилиндра и проклепывается с обшивкой. В этом случае, благодаря тому, что профиль шпангоута незамкнут, прилегание полки шпангоута к обшивке происходит беспрепятственно. Шпангоут должен быть подрезан по стыку так, чтобы всегда оставался зазор между концами шпангоута;

в) после того как профиль шпангоута приклепан к обшивке, к нему приклепываются стенки шпангоута (см. рис. 61, *д*), деталь 2 и, таким образом, фиксируют форму профиля, склепанного с обшивкой. В этом случае форма поверхности может быть получена более точной, так как обшивка в процессе клепки с мягкой полкой шпангоута не подвергается натягу;

г) после установки стенки шпангоута и клепки ее с профилем приклепывается накладка (деталь 4), замыкающая полку шпангоута в месте его разреза.

В этом случае при тщательной подготовке и хорошем изготовлении деталей точность контура секции можно получить с отклонением от заданного в пределах $\pm 0,2 \div 0,3$ мм.

При первом способе сборки, когда применяются шпангоуты типа *I*, можно достичь точности сборки в пределах $0,5 \div 1,0$ мм.

Второй случай. Сборка секции с конической формой поверхности (рис. 62, *а*).

В этом случае оба типа шпангоутов — цельноштампованный (тип *I*) и диск с профилем (тип *II*) — используются совершенно так же, как и при сборке секции цилиндрической формы. Следует только заметить, что дистанции установки шпангоутов и начало их отсчета должны быть выдержаны с большей точностью. Диаметр и малка совершенно жестко диктуют места для установки шпангоутов. Однако изменение диаметра шпангоута вызывает только перемещение в его положении по оси секции, так как величина малки на всем протяжении секции одинакова.

Третий случай. Сборка секции с поверхностью двойной кривизны (см. рис. 62, б).

Изменение диаметров шпангоутов и отклонение их малки от заданной величины совершенно недопустимы, особенно в местах большой кривизны, так как изменение малок сопровождается резким изменением диаметра. Передвижение шпангоута в ту или другую сторону по длине секции в этом случае не приведет к исправлению брака, так как при правильном совпадении малки с

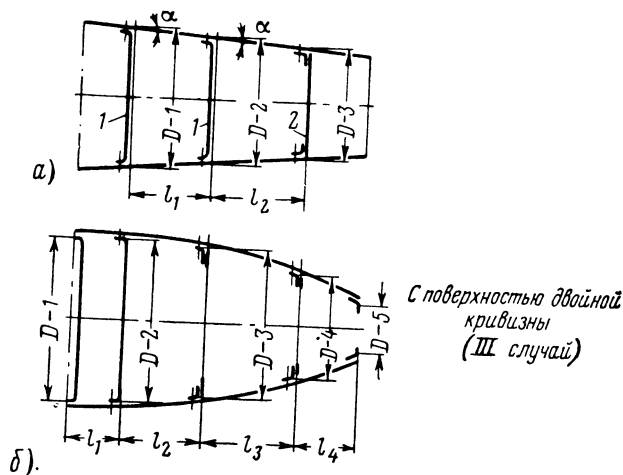


Рис. 62. Сборка секций конической формы:

а—с прямоугольной образующей; б—с криволинейной образующей; 1—цельноштампованный шпангоут; 2—шпангоут клепанный (диск с ободом—профиль)

обшивкой требуется еще совершенно точное совпадение диаметра шпангоута с поперечным размером сечения секции. Необходимо в этом случае предъявлять повышенные требования к точности изготовления шпангоутов как по величине диаметра, так и по величине малки борта.

Анализируя формы поверхностей секции, приведенные в рассмотренных выше случаях, с точки зрения возможности применения прессовой клепки можно сделать следующие выводы:

а) секция с цилиндрической линейчатой поверхностью может легко расчлениваться на панели и может клепаться на прессе групповой клепки по продольному набору;

б) это же положение в равной мере относится и к секции с конической линейчатой поверхностью;

в) секция с поверхностью двойной кривизны по поперечному и по продольному набору может клепаться групповой клепкой на прессе с ограниченным количеством заклепок или одиночный клепкой (на прессе или пневмомолотком).

Поэтому следует рекомендовать в целях повышения качества обводов и широкого применения механизации клепки при проектировании секций и агрегатов использовать для внешних обводов поверхности линейчатого типа и по возможности ограниченно применять фасонные поверхности двойной кривизны.

В целях компенсации ошибок производства для более точного соблюдения размеров поперечных сечений секций и агрегатов по

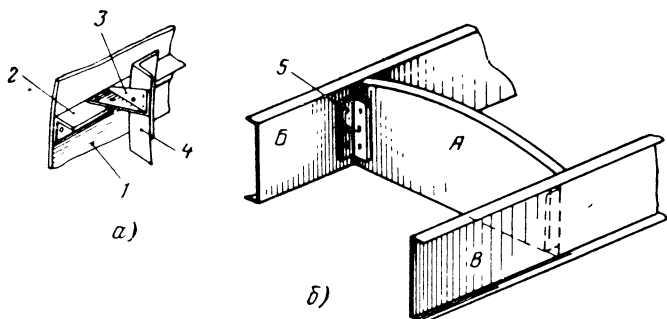


Рис. 63. Виды компенсаторов

внешним обводам следует либо вводить в конструкцию специальные детали-компенсаторы или возлагать роль компенсатора на одну из деталей, формирующих сечение.

В только что рассмотренных примерах роль компенсатора выполняет незамкнутый профиль, образующий полку шпангоута.

На рис. 63, *a* показано сечение секции фюзеляжа, в которой стрингеры 2 приклепаны к обшивке 1, а соединение стрингеров со шпангоутами 4 производится с помощью угольников-компенсаторов 3. Они компенсируют ошибки взаимного расположения стрингеров и шпангоутов.

Уголки-компенсаторы 5 (см. рис. 63, *b*) целесообразно применять для крепления нервюры *A* к лонжеронам *B* и *B'*. Такие уголки компенсируют ошибки изготовления нервюры по ее хорде и ошибки установки лонжеронов в сборочном приспособлении.

§ 39. СОГЛАСОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ С ТРЕБОВАНИЯМИ ТЕХНОЛОГИИ ВЕДУЩЕГО ПРОЦЕССА

Вид соединения деталей при сборке секции должен быть принят в самом начале проектирования.

Конструктору секции крайне важно знать с самого начала проектирования об основном виде соединения, которое будет использовано при сборке секции (склейка, клепка, сварка или пайка).

От вида соединения будет зависеть в большей мере и характер конструкции.

Пример первый. Предполагается спроектировать секцию крыла для сборки на клее.

Чтобы изделие получило нужное соединение между деталями, необходимо удовлетворить в процессе сборки следующим требованиям технологии: при производстве всех соединений на клее

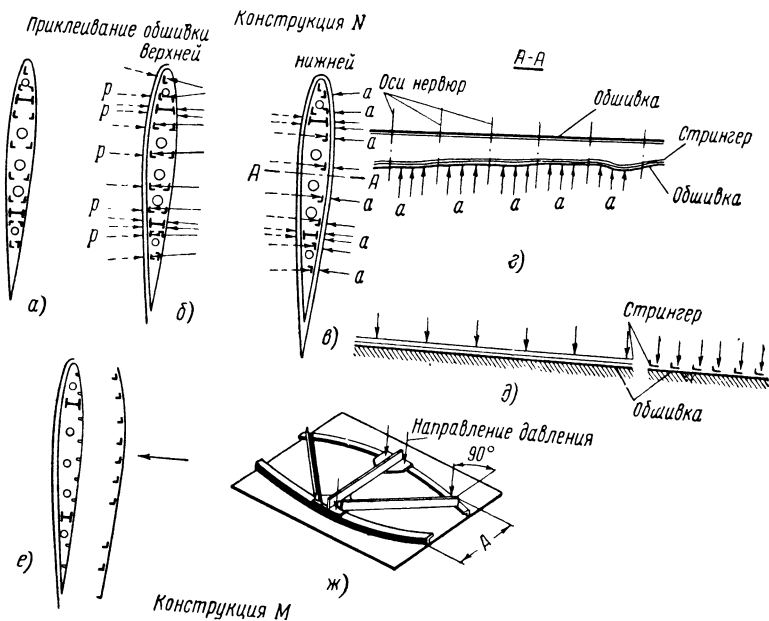


Рис. 64. Конструкция и порядок сборки крыла, выполненного с применением клеевого соединения:

N—не рекомендуется; *М*—рекомендуется

выдержать надлежащее время склейки, температуру воздуха и деталей и, наконец, величину давления при прижатии деталей друг к другу.

Только при самом точном и неуклонном соблюдении этих требований можно получить надежный результат по прочности и долговечности соединения.

Рассмотрим сборку на клее секции крыла обычной конструкции, предусматривающей сборку секции в одном стапеле.

На рис. 64 представлена в сечении постепенная сборка крыла. Пока еще не установлена нижняя обшивка крыла, доступ к соединяемым деталям совершенно свободен.

Можно осуществить прижатие склеиваемых деталей одной к другой в полном соответствии с технологическими требованиями (см. рис. 64, б), т. е. по нормальям к плоскости склеивания. Одна-

ко приклеивание замыкающей нижней обшивки вызывает затруднения.

Действительно, нанеся клей на поверхности стрингеров, полков нервюр и лонжеронов, подлежащих склейке с нижней обшивкой (см. рис. 64, в), необходимо будет для обеспечения склеивания приложить давление к склеиваемым швам величиною в 2 кг на 1 см^2 шва.

Лонжероны и нервюры смогут выдержать это давление без деформаций, что же касается стрингеров, то они в некоторых случаях могут выдержать это давление, а в других случаях прогнуться в пролете между нервюрами.

В результате клеевой режим не будет выдержан, поверхность обшивки на нижней стороне крыла окажется деформированной, а местами плохо склеенной со стрингерами из-за недостаточности силового контакта между склеиваемыми поверхностями в процессе полимеризации клея.

В этом случае при нагрузках на крыло может произойти разрушение из-за «непроклея» (см. рис. 64, г).

Чтобы исключить такой случай, следует приклеивать стрингеры, как менее жесткие элементы набора, к обшивке до сборки крыла (см. рис. 64, д).

На рис. 64, е показана в сечении постепенная сборка крыла, при которой гарантируется склейка.

Чтобы в производстве был осуществлен именно такой порядок сборки, как это рекомендуется во втором случае, следует указать на использование такого процесса склеивания еще при проектировании конструкции крыла и дать чертежи нижней панели обшивки крыла вместе со стрингерами. Верхняя же обшивка и носок крыла могут быть установлены на каркас обычными способами.

Часто в таких случаях приходится слышать возражения, сводящиеся к тому, что приклеенные заранее к обшивке стрингеры при сборке крыла не получают надежной склейки с нервюрами. Однако надежная связь стрингера с обшивкой, а обшивки с нервюрой гарантируется и связь стрингера с нервюрой, в то время как при первом способе сборки клееной конструкции крыла почти неизбежен «непроклей» обшивки со стрингером и, следовательно, не может быть гарантировано и надежное соединение стрингера с нервюрой.

Все это позволяет предполагать (это подтверждается и опытом), что связь обшивки с каркасом при первом способе будет в большинстве случаев ненадежной.

Традиционное предварительное соединение продольного набора с поперечным для металлических клееных конструкций является пережитком, оставшимся от конструкций деревянных самолетов с полотняной обшивкой, которая, конечно, не могла передавать усилий от стрингера на нервюру.

Уничтожение самостоятельной связи между полкой нервюры и стрингером и замена этой прямой связи между ними связью через обшивку следовало бы только приветствовать, так как в этом случае исчезает, на наш взгляд, совершенно непроизводительная затрата труда на кропотливую подгонку склеиваемых поверхностей в пересечении стрингеров с нервюрами.

Таким образом, конструкция *М* (см. рис. 64, *е*), позволяющая вести сборочный процесс по второму способу, является конструкцией, увязанной с технологическим процессом, в то время как конструкция *Н* (см. рис. 64, *в*) оказывается конструкцией, не отвечающей требованиям технологии. Практически конструкция *Н* не оправдывает по прочности расчетные предположения, да и не сможет оправдать из-за несоответствия процесса сборки этой конструкции.

Технолог, проектирующий процесс сборки на клею, должен следить за тем, чтобы приложенное давление действовало так, чтобы не нарушался основной размер собранного узла или секции. Например, при сборке нервюры давление должно действовать перпендикулярно плоскости, в которой лежит ведущий, обеспечивающий правильную величину изделия, размер *А* (см. рис. 64, *ж*). В противном случае можно в процессе сборки исказить нужный размер.

Поэтому при проектировании конструкции для большей уверенности в успехе конструктор должен консультироваться у технолога-сборщика и исправить конструкцию в процессе проектирования, а не после обнаружения несправимого брака при сборке.

Пример второй. Обычная панель, собранная на заклепках, не всегда позволяет полностью использовать всех преимуществ групповой клепки на прессе.

Частое пересечение стрингерного и лонжеронного шва нервюрами заставляет останавливать клепку, переносить инструмент через нервюру и, опустив инструмент, продолжать клепку до встречи со следующей нервюрой и т. д. (рис. 65).

Чертеж панели, согласованный с технологией, должен представлять лист обшивки, проклепанный со стрингерами и лонжероном, но без нервюр. Такая панель может быть проклепана на прессе групповой клепки примерно в два раза быстрее.

Диаметр заклепок и шаг должны быть одинаковыми на протяжении всего шва или хотя бы на определенных участках, так как иначе придется часто останавливать процесс клепки для переналадки прессы и перемены инструмента.

Пример третий. Сборка с применением точечной сварки требует, чтобы конструкция, как и при склейке, могла удовлетворить условию соблюдения сварочного режима, т. е. температуры сварки, времени сварки и давления на электроды.

При сборке замкнутых конструкций, особенно типа крыльев с малой высотой профиля, весьма целесообразно применять одно-стороннюю точечную сварку. Однако в этом случае давление на одну точку достигает величины 200—300 кГ и не может быть приложено к стрингеру в пролете между нервюрами без риска вызывать его деформацию.

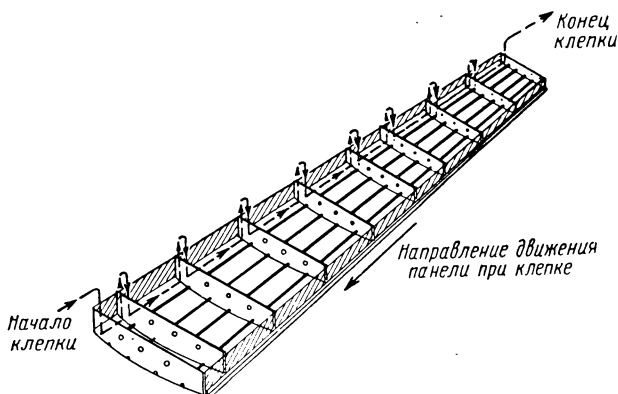


Рис. 65. Клепка панели на прессе

Чтобы не очутиться в таком же положении, как при приклеивании обшивки к стрингеру, необходимо увязать жесткость конструкции с методом сборки, т. е. с технологией, а именно:

- а) следует выделить панели крыла таким образом, чтобы сварить стрингеры с обшивкой до сварки с нервюрами;
- б) следует стыковочный шов панели с каркасом крыла спроектировать так, чтобы давление на электроде не разрушало конструкцию при сварке.

В заключение всего изложенного можно сделать следующий вывод:

Любая конструкция для гарантии качества ее выполнения должна отвечать тем условиям, в каких производится технологический процесс соединения.

§ 40. УЧЕТ ДЕФОРМАЦИЙ КОНСТРУКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В РЕЗУЛЬТАТЕ ВЫБРАННОГО МЕТОДА СОЕДИНЕНИЯ

Как известно, ни один вид соединения не может не сопровождаться теми или иными деформациями соединяемых элементов конструкции:

- а) клеевой шов при схватывании и полимеризации клеевых затеков и самой пленки клея вызывает утяжку более мягких элементов в сторону более жестких элементов конструкции (рис. 66, а, б);

б) в сварном шве (дуговая, аргоно-дуговая, газовая сварка) при остывании происходит усадка, в результате чего возникают трещины или деформации сварных узлов и деталей (см. рис. 66, в, г);

в) заклепочный шов удлиняется под влиянием давления деформируемого стержня заклепки на стенки отверстия склепываемых деталей. Увеличение длины шва деформирует лист или детали и в результате в изделии возникают искажения размеров секции и агрегатов (см. рис. 66, д);

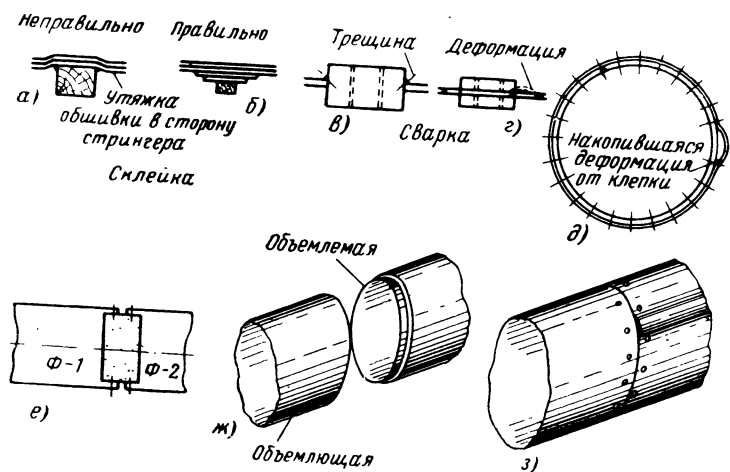


Рис. 66. Деформации и вызываемые ими дефекты при различных видах соединений

г) затяжка болтов по болтовому соединению вызывает вмятины в более мягком материале одного из соединяемых элементов.

При резком различии в величине жесткости соединяемых деталей деформации изделий сопровождаются возникновением скачков напряжений, что может привести к преждевременному разрушению соединения.

На основании сказанного следует категорически запретить применение телескопического соединения двух узлов (секций), собираемых на заклепках (см. рис. 66, е, ж, з, д) или болтах (рис. 67, а, б, в), как порочных.

Рассмотрим для примера телескопическое соединение жесткого точеного цилиндра из чугуна и крышки, которая вставляется в цилиндр (см. рис. 67, а). Соединение цилиндра и крышки выполняется радиально расположенными болтами. Очевидно, для того чтобы вставить крышку в цилиндр, необходимо иметь зазор между крышкой и стенками цилиндра (см. рис. 67, б). При затяжке первого болта зазор между стенками крышки и цилинд-

ра с одной стороны исчезнет и одновременно увеличится вдвое зазор с диаметрально противоположной стороны (см. рис. 67, в).

Болты, расположенные в секторе увеличенного зазора, не смогут выбрать его при затяжке, а в крышке и стенке цилиндра разовьются трудно определяемые расчетом напряжения. В результате либо крышка, либо стенка цилиндра могут разрушиться.

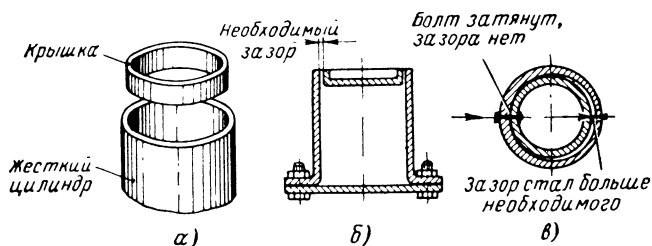


Рис. 67. Телескопическое соединение жесткого цилиндра с жестким дном

Выбрать зазор путем установки уплотнительной прокладки совершенно невозможно, так как ее нельзя даже вставить между стенками крышки и цилиндра.

В самолетных конструкциях деформации сравнительно вязкого листового материала позволяют кое-как осуществлять такие соединения, но при этом ни заклепки, ни болты, радиально поставленные в соединении, не будут работать так, как это требуется техническими условиями. Внешний же вид соединения будет из рук вон плохим (см. рис. 67, в).

Такое соединение можно выполнить только в том случае, если продольный шов в одной из обечаяек будет проклепан в последнюю очередь. Поэтому телескопический стык двух секций с замкнутыми обечайками не может быть рекомендован.

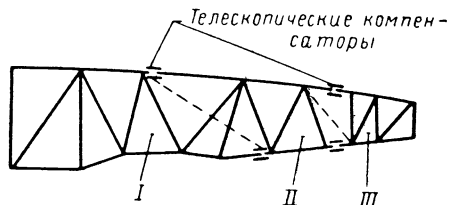


Рис. 68. Телескопическое соединение трубчатых лонжеронов сварного фюзеляжа

Сварные конструкции при значительной их длине обязательно следует снабжать компенсирующими скользящими соединениями, которые завариваются в последнюю очередь.

В качестве примера рассмотрим фюзеляж сварной конструкции из стальных труб (рис. 68). На лонжеронных трубах должны быть предусмотрены телескопические соединения из входящих

одна в другую труб, которые не завариваются до окончания сварки всех трех участков конструкции фюзеляжа между этими телескопическими компенсаторами.

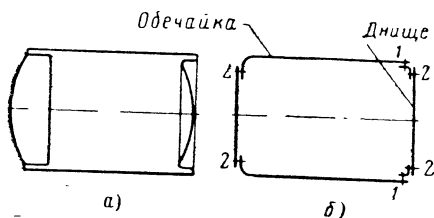
Только тогда, когда свариваемый фюзеляж остынет, сваривают компенсаторы и этим заканчивается процесс сварки фюзеляжа. Все деформации, возникающие от сварки лонжеронов фюзеляжа со стойками и подкосами фермы, поглощаются в телескопических соединениях и длина фюзеляжа оказывается достаточно точной.

§ 41. УЧЕТ ТРЕБОВАНИЯ ВЗАИМОЗАМЕНЯЕМОСТИ СБОРОЧНЫХ ЕДИНИЦ САМОЛЕТОВ

Усилиями одних технологов и производителей получить взаимозаменяемые изделия не всегда возможно. Чаще всего бывает так, что условие получения взаимозаменяемых изделий зависит от того, насколько конструкция вновь внедряемого в производство образца изделия позволяет изготовить его взаимозаменяемым.

Например, нельзя заранее развернуть отдельно ухо и отдельно вилку под конусный болт так, чтобы без совместного развешивания конусного отверстия вильчатых узлов под определенный болт можно было бы собрать соединение. Ничтожные перемещения уха по отношению к вилке могут привести к тому, что болт, войдя в конус уха, не совпадет с конусом отверстия в вилке. Поэтому соединение с коническим болтом является не взаимозаменяемым. Нельзя также добиться взаимозаменяемости по стыку смешанной конструкции (см. рис. 49) без подгонки «по месту».

Рис. 69. Варианты конструкции бака:
а—нерекомендуемая; б—рекомендуемая



На рис. 69, а показана конструкция бака, у которого днище выполнено с отбортовкой. Если продольный шов склепан заранее, то обечайку невозможно будет собрать с днищем. Если же обечайка закончится отбортовкой или профилем, склепанным с обечайкой (рис. 69, б), то днище без всякого труда собирается с обечайкой.

Поэтому взаимозаменяемость легко обеспечивается в производстве в том случае, когда конструкция спроектирована с учетом требований взаимозаменяемости.

Над проблемой взаимозаменяемости в самолетостроении ведется много работ, но пока еще эти работы решают лишь отдельные вопросы. Определенных рекомендаций, вытекающих из

теоретических исследований, дать не представляется возможным.

Весьма многозвенные размерные цепи, позволяющие решать задачи на плоскости, не дают способов определения необходимых допусков в пространственных схемах стыков и практически не позволяют быстро решать задачи по установлению допусков для выполнения взаимозаменяемых конструкций по всей цепи подготовки производства и сборки изделия.

Относительно малая жесткость исходных деталей, из которых собираются самолетные узлы, панели и секции, а также приобретение необходимой жесткости конструкции только в момент окончания их сборки усложняет работу по установлению системы допусков. Поэтому следует использовать опыт, накопленный заводами, и на основе его вывести некоторые основные рекомендации.

К числу таких рекомендаций можно отнести следующие положения:

- а) вести сборку в сборочных приспособлениях;
- б) использовать все виды компенсаторов для исправления при сборке узлов, секций и агрегатов ошибок, допущенных при изготовлении деталей;
- в) при установлении порядка выполнения соединений всемерно учитывать деформации, возникающие в процессе производства соединения между деталями;
- г) производить разделку стыков между секциями и агрегатами только тогда, когда сами секции и агрегаты закончены сборкой и приобрели достаточную постоянную жесткость;
- д) руководствоваться при проектировании самолетных конструкций теми соображениями и рекомендациями, которые были приведены ранее — в виде правил членения, требований к стыкам и требований к конструкции самолетов со стороны технологии.

§ 42. ТРЕБОВАНИЕ УЛУЧШЕНИЯ УСЛОВИЙ ТРУДА ПРИ СОЗДАНИИ КОНСТРУКЦИИ

Забота о создании таких условий для работы сборщика и монтажника, которые обеспечили бы высокую производительность его труда, должна быть предметом особого внимания конструктора при проектировании конструкции.

Главнейшее значение для достижения высокой производительности ручного труда, как это было показано в гл. II, имеет рабочая поза, при которой совершается процесс труда.

Наивысшей производительности ручного труда рабочий достигает при работе в позе стоя, когда инструмент направлен прямо перед собой (см. рис. 6, позы I, II, III) при отличной доступности и нормальной освещенности места работы.

Такие условия полностью соответствуют работе сборщика, клепальщика и монтажника на панели, когда ее размеры по высоте H не превышают 1 м, а глубина панели f не превышает

0,5 м (см. рис. 9). Как известно, значения H и f зависят от диаметра секции D и количества панелей m , на которые делится секция при членении на панели. В табл. 28 и 29 приводится зависимость H и f от D и m . Нижние цифры табл. 28 и 29, отделенные от верхних цифр жирной линией, относятся к нереконструируемым величинам f и H для указанных значений D и m .

Таблица 28

Величина глубины панели f						
m	2	3	4	6	8	10
$D \backslash \varphi^\circ$	180	120	90	60	45	36
0,5	0,25	0,125	0,07	0,035	0,018	0,012
1,0	0,51	0,25	0,14	0,07	0,036	0,022
1,5	0,75	0,37	0,21	0,105	0,054	0,033
2,0	1,0	0,495	0,28	0,140	0,072	0,044
2,5	1,25	0,620	0,35	0,175	0,090	0,055
3,0	1,50	0,745	0,42	0,210	0,108	0,066
3,5	1,75	0,870	0,49	0,245	0,126	0,077
4,0	2,0	0,995	0,56	0,28	0,144	0,088

Примечание. φ° — центральный угол, соответствующий дуге панели (см. рис. 12).

Таблица 29

Величина высоты панели H						
m	2	3	4	5	6	7
$D \backslash$						
0,5	0,5	0,42	0,35	0,25	0,19	0,15
1,0	1,0	0,85	0,70	0,5	0,38	0,25
1,5	1,5	1,28	1,05	0,75	0,57	0,45
2,0	2,0	1,76	1,40	1,0	0,75	0,61
2,5	2,5	2,12	1,75	1,25	0,95	0,76
3,0	3,0	2,5	2,10	1,50	1,14	0,92
3,5	3,5	3,0	2,45	1,75	1,33	1,07
4,0	4,0	3,4	2,80	2,0	1,52	1,22

В тех случаях, когда по условиям проектирования невозможно создать панели рекомендованных размеров, следует при изготовлении панелей с величинами f и H , выходящими за пределы оптимальных значений, искусственно улучшать условия труда.

Сделать это можно несколькими способами:

а) снабдить приспособление для сборки панелей устройством, позволяющим рабочему перемещаться внутри панели (рис. 70, а);

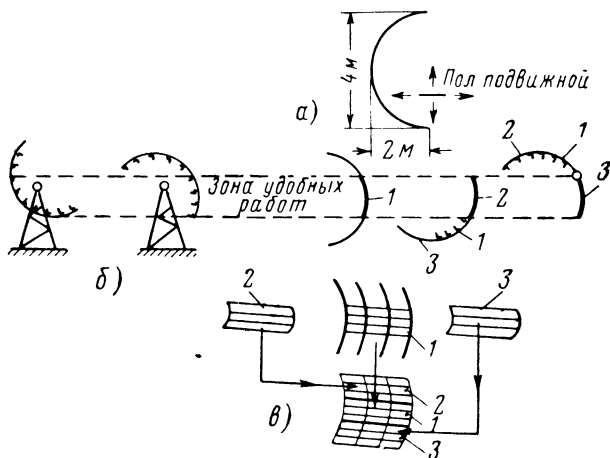


Рис. 70. Способы улучшения условий труда при сборке широких панелей:

а—применение подвижного пола для работы внутри панели; б—применение поворотных ложементов для сборки панелей; в—предварительная сборка узких участков обшивки со стрингерами

б) применять для сборки панелей поворотные ложементы (см. рис. 70, б);

в) разбить процесс сборки широкой панели на отдельные участки таким образом, чтобы сначала приклепывался к поперечному набору узкий участок 1, а затем к нему присоединялись предварительно собранные участки панели 2 и 3 (см. рис. 70, в).

§ 43. СОДЕРЖАНИЕ И ПОРЯДОК РАЗРАБОТКИ ДИРЕКТИВНОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА СБОРКИ

Взаимная зависимость конструкции и технологии вызвала к жизни такое направление в проектировании самолетов, при котором те или иные конструктивные решения принимаются с учетом технологических и производственных требований.

Разработка принципиальных технологических решений в процессе эскизного и рабочего проектирования конструкции самолета в опытно-конструкторском бюро (ОКБ) позволяет заранее

определить направление рабочего проектирования агрегатов и узлов, выявить принципиальное содержание сборочных и монтажных процессов серийного производства, учесть возможность применения наиболее прогрессивных и производственных процессов, а также определить характер сборочных приспособлений, оснастки и специального оборудования.

В сумме все указанные решения составляют содержание директивного технологического процесса и должны быть в обязательном порядке выполнены при проектировании конструкции в ОКБ и в серийном производстве.

Директивный технологический процесс должен обеспечивать максимально высокий уровень техники производства на данном этапе. Уже на стадии эскизного проектирования разрабатывается схема членения самолета на сборочные единицы, намечаются разъемы между агрегатами, секциями и панелями с учетом требований производства, технологии, эксплуатации и экономики.

Схемы сборки, методы сборки и базирования деталей могут быть вполне согласованы с конструктивными решениями, а в некоторых случаях даже лечь в их основу и тем самым предопределить технологический процесс сборки и монтажа.

Директивный технологический процесс разрабатывается на стадии эскизного и рабочего проектирования совместно технологом и конструктором.

Рекомендуется следующий порядок разработки директивного технологического процесса:

а) составляется схема членения самолета на сборочные единицы: агрегаты, секции, панели, узлы;

б) определяется характер соединений по конструктивным и эксплуатационным разъемам, выбираются соединения между секциями и панелями;

в) устанавливаются схема и последовательность сборки, методы сборки и базирования деталей, узлов и панелей, составляется схема собираемости агрегата;

г) определяются средства обеспечения взаимозаменяемости по стыкам и соединениям и составляются принципиальные схемы и указания по проектированию специальной оснастки, необходимой для выполнения задачи взаимозаменяемости;

д) разрабатываются принципиальные схемы и технические требования к сборочной оснастке;

е) определяются методы и средства контроля, а также средства транспорта;

ж) составляется узловая разбивка самолета на сборочные узлы (лонжероны, нервюры, шпангоуты) и монтажные единицы (фоторадиоустановка и т. п.), входящие в каждую панель, секцию для увязки их размещения с конструкцией каркаса. На рис. 71 показаны монтажные узлы и их размещение на панелях кабины летчика;

3) составляются специальные указания технологического, производственного, энергетического и снабженческого характера, позволяющие заранее обеспечить производство необходимыми средствами (новые материалы, новое оборудование, специальные установки и т. п.).

Директивный технологический процесс сборки оформляется в виде карт директивного технологического процесса (см. образец одной из таких карт на проектирование фюзеляжа клепаной конструкции рис. 72).

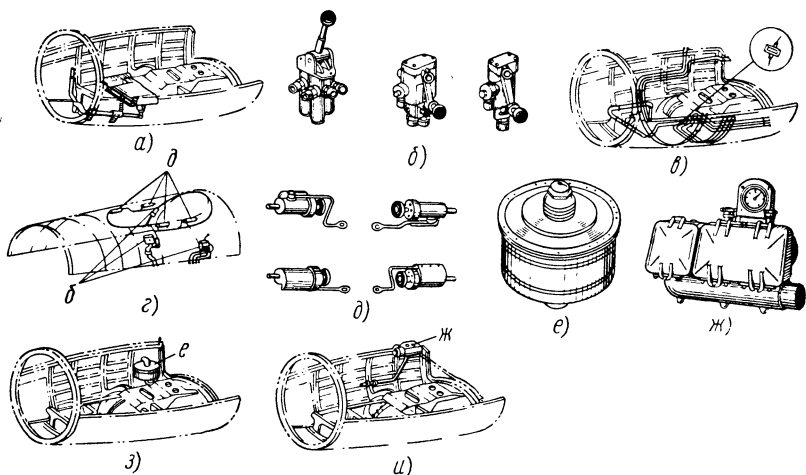


Рис. 71. Технологические узлы, входящие в верхнюю и нижнюю панели кабины летчика:

а—второе ручное управление; б—агрегаты гидравлического оборудования передней кабины; в—монтажная схема гидравлической проводки нижней панели; г—монтажная схема гидравлической проводки верхней панели; д—цилиндры открытия фонаря летчика; е—химический фильтр воздуха; ж—агрегат давления в кабине; з—сеть подачи воздуха; и—сеть выпуска воздуха

Карта директивного технологического процесса сборки имеет целью:

а) произвести и зафиксировать увязку требований технологии и производства с конструкцией вновь проектируемого самолета;

б) назначить порядок сборки для всего самолета, всех агрегатов, всех секций, всех панелей, всех особых узлов;

в) назначить тип всех соединений сборочных единиц;

г) определить необходимую оснастку и специальное оборудование с тем, чтобы заблаговременно его спроектировать и изготовить;

д) предупредить соответствующие отделы завода о специальных требованиях к ним при внедрении в производство новой кон-

струкции (новые подъемно-транспортные средства, складские помещения, площадки и т. д.);

е) указать конструктору на специальные требования к конструкции и компенсаторам, которые следует предусмотреть при сборке;

ж) облегчить изучение новой конструкции при ее внедрении в серийное производство и тем самым сократить время внедрения.

Глава XI

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

Исследование, проведенное в настоящей работе, позволило установить общие закономерности изменений основных технико-экономических показателей сборочно-монтажных процессов самолетостроения (производительности труда, трудоемкости, величины сборочных циклов, потребных производственных площадей и себестоимости) в зависимости от конструктивных, технологических и производственных факторов.

Наибольшее влияние на экономичность производства оказывает рациональное членение агрегатов (секций) на панели и целесообразный выбор схем сборки. От правильности решений, принятых конструктором по этим вопросам, зависит в дальнейшем в серийном производстве возможность широкого применения механизации сборочно-клепальных процессов, выполнение монтажей в условиях, удобных для их осуществления и, как следствие, повышение производительности труда сборщиков и монтажников и снижение себестоимости изделий.

Относительные технико-экономические коэффициенты, выведенные в работе, дают конструктору возможность еще на стадии эскизного проектирования, когда известны только лишь основные геометрические параметры агрегатов самолета, такие как диаметр и длина фюзеляжа, размеры хорды, строительная высота и габариты крыла (оперения), выбрать вариант панелирования и схему сборки, наиболее отвечающие потребностям производства и приблизительно оценить возможный относительный экономический эффект от применения того или иного варианта.

Исследование схем сборочных процессов, наиболее характерных для самолетостроения (схемы А, Б, В и Г), а также перспективных сборочных схем (Д и Е), показало большие преимущества схем с параллельным циклом сборки, когда сборочно-клепальные и монтажные работы выполняются параллельно на всех панелях (схемы А, В, Д).

Карта директивного технологического процесса сборки средней секции фюзеляжа

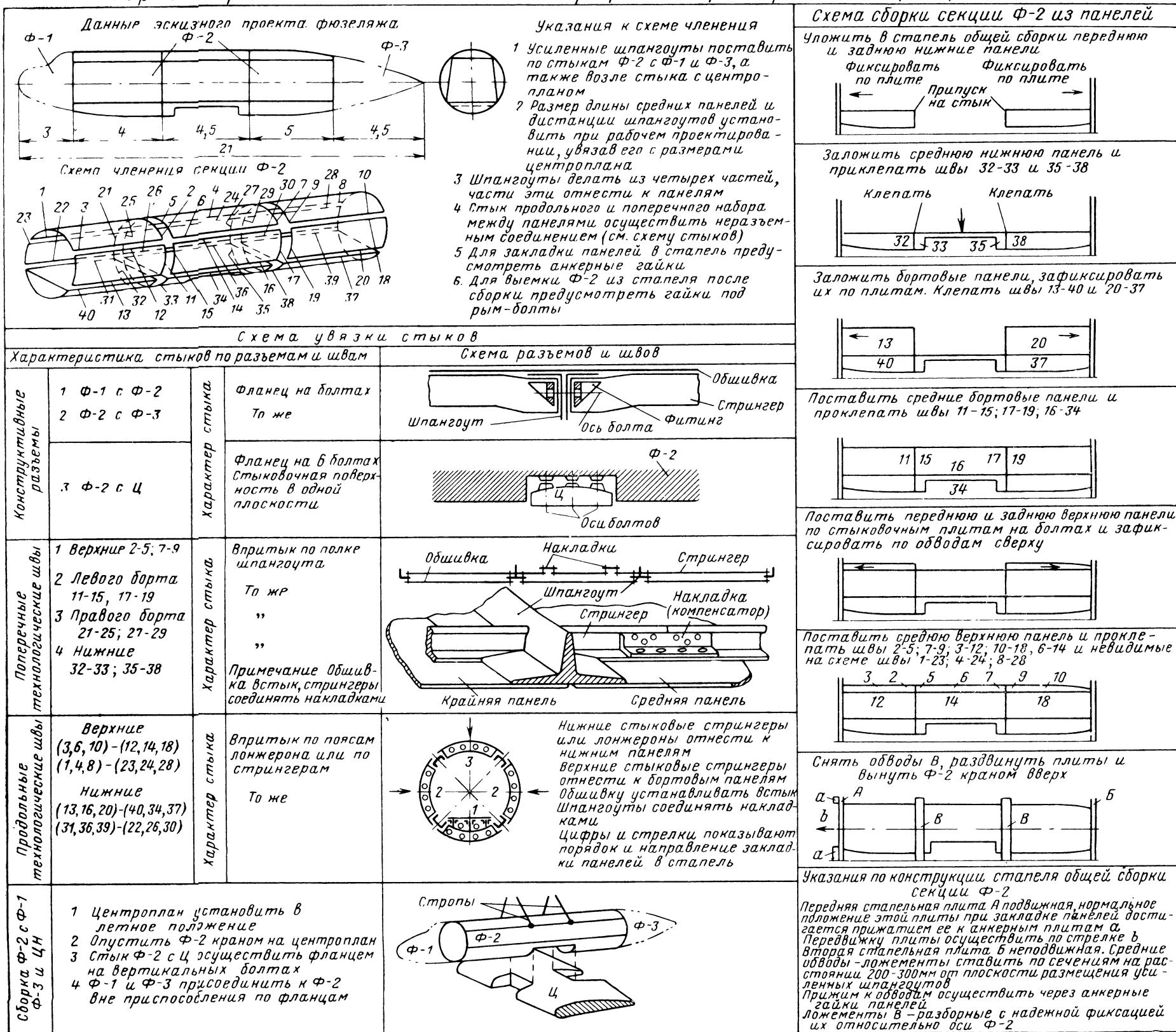


Рис. 72. Карта директивного технологического процесса сборки средней секции фюзеляжа

В работе показано решающее влияние механизации сборочных процессов на улучшение всех технико-экономических показателей производства.

Анализ изменений относительных технико-экономических коэффициентов позволяет сделать следующие основные выводы и рекомендации.

1. В процессе эскизного проектирования конструктор может выбрать такую схему сборки и число панелей m в секции, при которых наиболее полно решается та или иная основная производственная задача. Например, если крайне важно обеспечить максимальный выпуск самолетов с наличных площадей, то для этого следует использовать те схемы сборки и членить секцию на такое число панелей, при которых значение коэффициента изменения производственных площадей ω_i будет максимальным (см. рис. 27), а величина коэффициента сокращения цикла λ_i — наилучшей из возможных (см. рис. 22).

В другом случае может возникнуть необходимость быстрее выпуска самолетов. Очевидно, такую задачу лучшим образом можно решить, выбирая те схемы сборки и количество панелей, при которых величина относительного коэффициента сокращения цикла λ_i окажется максимальной (см. рис. 22). Могут быть поставлены и другие основные производственные задачи.

Сопоставление графиков дает возможность найти оптимальные решения при проектировании конструкции как по членению секции на панели, так и по проектированию монтажей.

2. В целях максимального снижения трудоемкости изготовления самолета, что во всех случаях представляет важнейшую задачу конструктора при условии выполнения заданных тактико-технических требований, следует выбирать такую схему сборки и количество панелей в секции, при которых величина относительного коэффициента снижения трудоемкости β_i будет минимальной (см. рис. 18). Это будет достигнуто в том случае, если значение числа панелей m в секции будет наименьшим из возможных, при котором величина λ_i окажется максимальной или близкой к ней, а имеющиеся средства механизации клепальных работ позволят производить клепку панелей принятых размеров. Неоправданное увеличение количества панелей в секции ведет к удлинению цикла соединения панелей в секцию и увеличению трудоемкости сборочно-монтажных работ, так как соединение панелей в секцию производится в менее благоприятных условиях, чем сборка и клепка панелей.

Кроме этого, несколько увеличивается вес агрегатов самолета, так как в соединениях панели с панелью или секции с секцией приходится в ряде случаев прибегать к помощи дополнительных конструктивных элементов, например к накладным фитингам, или ставить стрингеры более тяжелого профиля, например $\perp$ -образные вместо L-образных на продольных соединениях панелей.

3. Важнейшим фактором, улучшающим технико-экономические показатели сборочно-монтажных работ, является выполнение монтажных работ на панелях до их сборки в секцию. Следует рекомендовать при малых диаметрах фюзеляжа $D=0,5\div 2$ и во всех возможных случаях предусматривать выполнение монтажей на панелях, для чего при проектировании производить соответствующее комплектование монтажей, стремясь по возможности распределить их на все панели равномерно.

Для больших диаметров фюзеляжей ($D=3\div 4$ м) и особенно в тех случаях, когда имеется сравнительно небольшое количество монтажей (20% и ниже от общей трудоемкости сборочно-монтажных работ), последние целесообразно сосредоточивать по возможности на бортовых панелях. Такое решение позволяет выполнять монтажи в секции в условиях, мало отличающихся от условий работы на панелях. Следовательно, можно в этих случаях выбирать наиболее целесообразную схему сборки независимо от того, где будут выполняться монтажные работы — на панели или в секции.

4. Рассматривая соотношение количества рабочих мест при различных схемах сборки и в зависимости от конструктивных параметров секции (см. рис. 21), можно установить, что при некоторых значениях числа панелей m и использовании схем сборки А, Б, В и Д имеется увеличение числа рабочих мест против необходимого их количества при нечлененной конструкции. Однако следует помнить, что стоимость стапелей и занимаемая ими площадь в том и другом случае неравноценны. Например, стапель для общей сборки нечлененной конструкции и стапели для сборки панелей учитываются как единицы сборочной оснастки, а стоимость панельного стапеля и занимаемая ими площадь неизмеримо меньше стапеля общей сборки. Можно сказать, что увеличение числа рабочих мест по номенклатуре при производстве панелированных секций больших диаметров не вызывает значительного увеличения затрат против затрат на изготовление сборочной оснастки для производства нечлененных секций (агрегатов).

Кроме того, опыт передовых заводов показал, что при правильном подходе к проектированию панелей, можно для их сборки применять групповые приспособления, что поведет к уменьшению количества сборочной оснастки.

5. Потребность в производственных площадях при выпуске члененных на панели агрегатов (секций) почти во всех случаях значительно сокращается, за исключением крупных диаметров секций ($D=3\div 4$ м) и при членении их на малое число панелей ($m=2\div 4$). Исключение составляет схема сборки Г, при которой для секции диаметром больше двух метров всегда будет иметь место увеличение потребных площадей. Механизация сборочных процессов приведет к сокращению площадей сборочных цехов так же, как и перевод монтажных работ на панели. Если пере-

нести выполнение монтажей в цеха агрегатной сборки (на панели) и оставить на долю цехов окончательной сборки 10÷15% монтажных работ (в основном установка дорогостоящей и точной аппаратуры и стыковочные работы между агрегатами), то можно значительно сократить дорогостоящие площади сборочных цехов.

6. Оценивая изменение относительной себестоимости при различных схемах сборки в зависимости от диаметра агрегата (секции) и числа панелей, следует отметить, что во всех случаях панелированные конструкции оказываются значительно экономичнее нечлененных на панели агрегатов (секций). Решающее влияние на снижение себестоимости оказывают механизация сборочно-клепальных работ и вынесение монтажных работ на панели.

Параллельные схемы А, В и Д при всех условиях оказываются экономичнее параллельно-последовательных схем Б, Г и Е.

7. Оценка различных схем сборки в связи с оптимальными значениями величин относительных коэффициентов позволяет сделать вывод, что наибольший интерес представляет схема Д, при которой предусматривается максимально мыслимая механизация клепальных работ. Если по условиям состояния механизации нельзя применить эту схему, следует рекомендовать схему сборки В, вполне осуществимую при современных средствах механизации. Схема Г также заслуживает внимания при диаметрах секций $D=3\div 4$ м и при объеме монтажных работ 20% и ниже от общей трудоемкости сборки, т. е. с малой насыщенностью монтажами.

8. Наиболее благоприятные условия использования рабочих мест, когда величина относительного коэффициента числа рабочих мест μ_i является максимальной (см. рис. 23), создаются при равенстве циклов сборки и монтажа всех панелей, составляющих данную секцию, или приближаются к некоторому среднему значению величины цикла панели $\Pi_{\text{п}}$. При этом следует стремиться к тому, чтобы цикл соединения панелей при сборке секции $\Pi_{\text{с}}$ был равен или кратен циклу сборки панелей $\Pi_{\text{п}}$, т. е.

$$\Pi_{\text{с}} = r \Pi_{\text{п}},$$

где r — коэффициент пропорциональности.

Ключ к правильному решению этой задачи находится в руках конструктора и технолога в период проектирования конструкции и разработки директивной технологии.

9. Длина секций не оказывает влияния на величину относительных технико-экономических показателей. Поэтому поперечные разъемы агрегатов следует намечать исходя в основном из соображений конструктивных или эксплуатационных требований. Величина панелей по длине L ограничивается длиной выпускаемых промышленностью листов для обшивок, удобством транспортировки панелей по цеху и возможностями клепального оборудования. Желательно брать панели максимально возможной

длины, а в отдельных случаях даже соединять панели по длине между собой вне стапеля сборки секции, в пределах длины секции (рис. 73), чтобы сократить величину Π_c в стапеле.

10. Ширина панелей определяется количеством панелей в секции m и диаметром секции D ; при прочих равных условиях величину m следует выбирать минимальной, чтобы уменьшить количество продольных стыков при сборке секции и тем самым сократить величину цикла соединения панелей Π_c в стапеле сборки секции. В ряде случаев при больших диаметрах фюзеля-

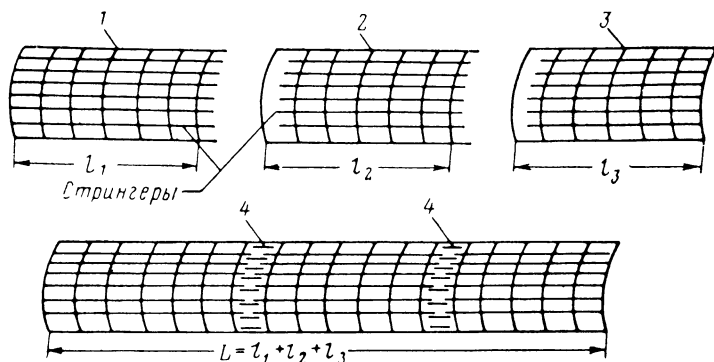


Рис. 73. Схема предварительного соединения панелей по длине до их установки в стапель общей сборки фюзеляжа:

1, 2 и 3—части бортовой панели секции фюзеляжа; 4—накладки для соединения стрингеров; L —суммарная длина бортовой панели фюзеляжа; l_1 , l_2 и l_3 —длина этих панелей

жа или при значительной ширине крыла и центроплана наиболее целесообразно предварительно соединить несколько панелей до их общей сборки в секции или агрегате (см. рис. 73, в).

В целях своевременного предупреждения ошибок в конструкции новых образцов самолетов, неисправимых впоследствии при серийном производстве, следует немедленно после получения в процессе эскизного проектирования основных параметров конструкции по фюзеляжу, крылу и оперению приступить к анализу возможных при данных параметрах относительных технико-экономических коэффициентов предполагаемых процессов сборки.

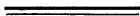
Рекомендуется следующий порядок производства анализа:

— установить на основании опыта производства аналогичных конструкций соотношение объемов трудоемкостей сборочных и монтажных работ в общей трудоемкости изготовления самолета (величины δ и ξ);

— определить на основе чертежей эскизного проекта значение коэффициента производительности труда a , пользуясь нормативами времени;

— составить схему членения самолета на агрегаты и агрегатов на секции, исходя из конструктивных и производственных соображений;

— определить величины относительных коэффициентов β , λ , μ , ω и θ и на основании их анализа выбрать число панелей для каждой секции и схему сборки.



ЛИТЕРАТУРА

1. Бойцов В. В., Григорьев В. П., Разумихин М. И., Селезнева А. А., Шекунов Е. П., Сборочные и монтажные работы, Оборонгиз, 1959.
 - 2 Григорьев В. П., Клепка и клепальное оборудование в самолетостроении, Оборонгиз, 1948.
 3. Мешков В. В. и Смелянский З. В., Гигиена освещения, Гос. медицинское изд-во, М., 1934.
 4. Мешков В. В. и Смелянский З. В., Освещение, Госиздат, 1944.
 5. Справочник технолога машиностроителя, том I, Машгиз, 1957.
-

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
Предисловие	3
Введение	7
Основные обозначения	13
<i>Глава I. Общие вопросы теории членения и методика исследования . .</i>	<i>15</i>
§ 1. Направленность процессов проектирования	15
§ 2. Рабочий и директивный технологические процессы	16
§ 3. Методика исследования технико-экономической эффективности членения конструкции агрегатов самолета	18
§ 4. Граничные условия исследования закономерностей изменения показателей сборочных процессов	21
§ 5. Некоторые свойства относительных технико-экономических показателей	25
<i>Глава II. Влияние условий работы на производительность труда при выполнении сборочно-клепальных и монтажных процессов</i>	<i>28</i>
§ 6. Определение условий работы	28
§ 7. Обозначения оперативных норм времени на выполнение приемов при клепальных работах	33
§ 8. Коэффициент производительности труда	35
§ 9. Исследование изменения коэффициента α при клепальных работах	38
§ 10. Производительность труда при выполнении монтажных работ	50
§ 11. Относительный коэффициент изменения производительности труда при переходе на прессовую групповую клепку	58
§ 12. Определение среднего относительного коэффициента изменения производительности труда по всей секции	58
<i>Глава III. Исследование изменения относительной трудоемкости</i>	<i>65</i>
§ 13. Определение трудоемкости при различных сборочных схемах	65
§ 14. Определение относительных коэффициентов частных трудоемкостей сборочных работ нечлененной секции: $\tau_{н1}, \tau_{н2}, \tau_{н3}, \tau_{н4}$ и $\tau_{н5}$	72
§ 15. Определение относительных коэффициентов частных трудоемкостей сборочных работ члененной секции: $\tau_{ч1}, \tau_{ч2}, \tau_{ч3}, \tau_{ч4}$ и $\tau_{ч5}$	74
§ 16. Определение доли трудоемкости $\psi_i = T_c / T_n$	76
§ 17. Определение величин среднесекционного коэффициента производительности труда для всей секции при использовании различных схем сборки	80
§ 18. Определение относительного коэффициента изменения трудоемкости β	84
§ 19. Выводы по гл. III	85

<i>Глава IV. Исследование относительного изменения циклов сборочных работ</i>	87
§ 20. Определение относительного коэффициента сокращения цикла сборки секций $\lambda = C_n / C_p$	87
§ 21. Определение максимального значения λ	91
§ 22. Определение относительного значения количества панелей	92
§ 23. Выводы по гл. IV	94
<i>Глава V. Исследование изменения относительного коэффициента числа рабочих мест μ</i>	95
§ 24. Изменение числа рабочих мест в зависимости от числа панелей	95
§ 25. Коэффициент использования рабочего места	98
§ 26. Выводы по гл. V	100
<i>Глава VI. Влияние схемы сборки на количество потребной производственной площади</i>	101
§ 27. Определение относительного коэффициента изменения производственной площади ω	101
§ 28. Выводы по гл. VI	107
<i>Глава VII. Исследование изменений себестоимости сборочных работ</i>	108
§ 29. Определение относительного коэффициента изменения себестоимости сборочных работ θ	108
<i>Глава VIII. Применение теории членения к агрегатам типа крыльев</i>	111
§ 30. Некоторые соображения о применимости изложенного метода анализа при панелировании крыльев	111
§ 31. Определение относительных коэффициентов при сборке секции крыла тонкого профиля	111
§ 32. Определение относительных коэффициентов для крыла толстого профиля	117
<i>Глава IX. Техника членения самолетных конструкций</i>	118
§ 33. Развитие технологических схем сборки	118
§ 34. Общие вопросы членения	122
§ 35. Поперечные разъемы и требования к ним со стороны производства	124
§ 36. Виды стыков между секциями и агрегатами	126
§ 37. Правила членения самолетных конструкций	133
<i>Глава X. Общие технологические требования к конструкции сборочных единиц</i>	141
§ 38. Форма поверхности секции	141
§ 39. Согласование конструкции с требованиями технологии ведущего процесса	145
§ 40. Учет деформаций конструктивных элементов в результате выбранного метода соединения	149
§ 41. Учет требования взаимозаменяемости сборочных единиц самолетов	152
§ 42. Требование улучшения условий труда при создании конструкции	153
§ 43. Содержание и порядок разработки директивного технологического процесса сборки	155
<i>Глава XI. Основные выводы и рекомендации</i>	158
<i>Литература</i>	164

Евграф Порфирьевич Шекунов

ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ЧЛЕНЕНИЯ
КОНСТРУКЦИИ САМОЛЕТА

Редактор издательства *А. В. Попов*

Техн. редактор *В. И. Орешкина*

Т—12299

Подписано в печать 29/X 1968 г.

Учетно-изд. л. 9,65

Формат бумаги $60 \times 90 \frac{1}{16} = 5,63$ бум. л.—11,25 печ. л., в т. ч. 2 вкл.

Цена 58 коп.

Тираж 2500 экз.

Заказ 225/6495

Бум. № 2. Тем. план 1968 г. № 155

Московская типография № 8 Главполиграфпрома
Комитета по печати при Совете Министров СССР
Хохловский пер., 7

Цена 58 коп.

11384157C

Ш419