

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ РСФСР
КУЙБЫШЕВСКИЙ ордена ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ имени С.П.КОРОЛЕВА

А.А. МАКАРОВ

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРОЕКТИРУЕМЫХ
КОНСТРУКЦИЙ ИЗДЕЛИЙ

Методическое пособие
для дипломников-конструкторов факультета № I

Утверждено
на заседании кафедры 5 июня
1969 г.

Куйбышев 1971

Г. СОДЕРЖАНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКОГО ОБОСНОВАНИЯ ПРОЕКТИРУЕМОЙ КОНСТРУКЦИИ

К авиационной технике народным хозяйством предъявляются определенные требования: она должна быть высокоэффективной не только с технической точки зрения, но также и с экономической. Поэтому каждая новая авиационная конструкция должна быть обоснована соответствующими экономическими расчетами.

Настоящее методическое пособие написано в соответствии с требованиями, предъявляемыми к дипломным конструкторским проектам кафедрой Конструкции и проектирования летательных аппаратов. Эти требования предусматривают обязательное экономическое обоснование любого принимаемого в проекте конструктивного решения. В объеме дипломного проекта не представляется возможным произвести по проектируемому изделию весь комплекс экономических обоснований, однако экономические преимущества того или иного конструктивного варианта должны быть убедительно доказаны дипломантом.

Объекты анализа и объем технико-экономических расчетов определяются руководителем проекта и консультантом-экономистом. В зависимости от темы дипломного проекта и спецтемы объектами технико-экономического анализа могут быть выбраны такие вопросы:

оценка влияния качества силовой установки на экономичность самолета;

оценка влияния аэродинамического совершенства самолета на его экономичность;

обоснование выбора наиболее рациональных схем панелирования отсеков агрегатов (фюзеляжей, корпусов, мотогондол);

обоснование выбора варианта конструкции стыка по отсекам агрегатов;

определение степени монолитности узлов;
выбор марки материала (с учетом его обрабатываемости и вида исходных заготовок).

Этапы экономического обоснования должны соответствовать процессу проектирования изделия, предопределяя этим некоторую комплексность анализа проекта изделия.

Полный процесс проектирования летательного аппарата разбивается на эскизное проектирование; предварительное проектирование; рабочее проектирование.

Эскизное проектирование заключается в разработке основных характеристик изделия и главных, наиболее важных узлов его конструкции, дающих общее представление о самолете и позволяющих определить целесообразность дальнейшего проектирования, имея в виду степень соответствия проектируемого самолета требованиям заказчика.

При предварительном проектировании производится окончательная увязка конструкции изделия, размещение управления и оборудования, уточняются формы частей самолета. Затем самолет рассчитывается на прочность, изготавливается его продувочная модель, ведется продувка, по результатам которой уточняются аэродинамический расчет и расчет устойчивости, схема самолета, весовые расчеты и разрабатываются весовые лимиты.

Рабочее проектирование - завершающий этап процесса инженерно-конструкторского труда по созданию самолета. Проект дает все необходимые материалы о летных и технических данных будущего самолета; содержит сведения для разработки технологии производства самолета. В рабочий проект входит, например, разработка чертежей конструкций узлов и их деталировка.

Анализ экономической эффективности проектируемой техники должен базироваться на конкретных материалах соответствующего этапа проектирования, к которым относятся чертежи и схемы, данные экспериментальных исследований, различные статистические материалы по отечественным и зарубежным изделиям, ценники и т.д. Роль технико-экономического анализа не ограничивается простой констатацией факта. Смысл его заключается в выборе наиболее целесообразного конструктивного варианта или направления дальнейшего развития техники, которые обеспечивают экономию производственных ресурсов.

Таким образом расчет экономической эффективности является обязательной и неотъемлемой частью проекта.

Под экономической эффективностью конструкций машин, аппаратов, приборов понимается степень повышения производительности общественного труда или степень снижения затрат живого и общественного труда на удовлетворение какой-либо потребности общества.

Аналізу экономической эффективности предшествуют:

1. Выбор объекта для сравнения проектируемого летательного аппарата или определение показателя технологичности, по которому конструкция того или иного агрегата (узла, детали) будет анализироваться (см. таблицу показателей и критериев - приложение I);

2. Выбор системы экономических критериев оценки сравниваемых вариантов.

При выборе объекта для экономического сравнения необходимо учитывать главное обстоятельство - сопоставимость вариантов. Под сопоставимостью понимается возможность взаимозамены одного варианта конструкции другим с точки зрения чисто технической. Так, сопоставимыми считаются конструктивные варианты какого-либо узла (или детали) с одинаковыми прочностными, но различными весовыми характеристиками (как, например, фланцевые и телескопические конструктивно-эксплуатационные разъемы) и т.п.

При выборе же системы экономических критериев оценки проектируемой новой техники нужно помнить, что экономическая эффективность не может быть выражена каким-либо одним универсальным критерием. Например, по меньшей себестоимости какого-либо варианта конструкции еще нельзя судить об эффективности варианта. Здесь необходимо рассчитать также и такие критерии, как:

а) использование основных средств по вариантам (если все варианты - проектируемые);

б) срок окупаемости капитальных затрат, необходимых для внедрения нового варианта, если один из сопоставимых вариантов уже идет в производстве, и др. критерии (см. таблицу показателей и критериев в приложении I).

Анализ должен быть также всеобъемлющим. Известно, что каждая конструкция является сначала объектом производства, а затем объектом эксплуатации. Поэтому различные конструктивные варианты могут отличаться по затратам не только на стадии производства, но и в эксплуатации. Экономические критерии должны учитывать эти изменения.

Применение того или иного экономического критерия зависит от того, какую потребность народного хозяйства проектируемая машина будет удовлетворять, а также от того, на каком этапе и по какому показателю технологичности она оценивается.

Для некоторых машин решающим экономическим критерием является минимальность цикла проектирования, изготовления и обслуживания. Такие критерии, как себестоимость изготовления, затраты на эксплуатацию, срок окупаемости затрат будут находиться в функциональной зависимости от цикла. Или, например, на этапе эскизного проектирования при выборе силовой установки для гражданских самолетов наиболее объективным критерием является себестоимость воздушных перевозок.

Таким образом, выбранная совокупность критериев оценки должна давать характеристику выбранного варианта конструкции изделия с точки зрения затрат времени на ее изготовление и обслуживание (в эксплуатации), себестоимости, фондоемкости и окупаемости затрат. Выбранные критерии экономической оценки можно рассчитать как по методу абсолютных величин, так и по методу относительных коэффициентов.

В данном методическом пособии в каждом разделе указывается, в каких случаях целесообразно принять тот или иной критерий и по какому методу он рассчитывается.

2. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ВЕСА ДЕТАЛЬНОГО АППАРАТА (САМОЛЕТА) НА ЕГО ЭКОНОМИЧНОСТЬ

Оценка влияния качества силовой установки на экономичность самолета

В процессе проектирования пассажирского самолета целесообразно добиваться максимально возможной весовой отдачи самолета за счет об-

легчения его конструкции и уменьшения веса двигателей и оборудования.

Определение веса самолета - главная задача первого этапа проектирования, поскольку он влияет на все основные летные данные самолета.

Одним из основных факторов, влияющих на вес самолета является тип двигателя, от которого зависят $\zeta_{т.с}$ и $\zeta_{д.у}$

$$G_0 = \frac{G_H}{1 - \zeta_{т.с} - \zeta_{д.у}}$$

Поэтому при выборе силовой установки можно провести сравнительную оценку нескольких двигателей и выбрать тот из них, который обеспечивает минимальный вес самолета или минимальную себестоимость перевозок. Для сравнения проектант по каталогам выбирает 2 + 3 двигателя с одинаковой удельной весовой тягой (мощностью) и определяет для них взлетный вес и себестоимость перевозок.

Величины	Варианты двигателей			Примечание
	I	II	III	
$\bar{C}_{ро}$				
\bar{P}_0				
$\zeta_{т.с.}$				
$L_{разб.}$				
$\zeta_{д.у.}$				
V_{max}				
д.у.				
G_0				
a_L				

При определении $\zeta_{т.с.}$ и $\zeta_{д.у.}$ для различных вариантов необходимы определенные допущения, к которым можно отнести:

$$G_H^I = G_H^{II} = G_H^{III} = G_H^{IV} = \text{const} .$$

$$\zeta_{\text{max}} = \text{const} ; \quad V_{\text{кр.е.у.с}} = \text{const} ;$$

$$V_{\text{max}} = \text{const} ; \quad L = \text{const} ;$$

$$\bar{F}_{\text{ср}} = \text{const} ; \quad V_{\text{отп}}^2 = \text{const} ;$$

$$K_p^v = \text{const} ; \quad L_{\text{разб}} = \text{const} ;$$

$$K_{\text{ср}}^{\text{Др}} = \text{const} ; \quad K_{\text{ср}}^v = \text{const} ;$$

$$K_{\text{ср}}^H = \text{const} ; \quad C_{x_0} = \text{const} ; \quad \lambda = \text{const} .$$

Значения $\zeta_{т.с.}$ и $\zeta_{д.у.}$ определяются по формулам, приведенным в методическом пособии для дипломного проектирования кафедры КИПДА.

d_i - себестоимость воздушных перевозок по вариантам.

Выбор числа двигателей на проектируемом самолете

При выборе типа двигателя учитываются различные факторы, связанные с безопасностью полетов, их комфортабельностью и экономичностью перевозок. К этим факторам относятся:

вес двигателя;

расход топлива;

аэродинамика силовой установки;

ресурс двигателя;

стоимость двигателя;

уровень шума и возможность его снижения (в кабине самолета и в районе аэропорта);

надежность (вероятность выхода из строя);

возможность форсирования в жаркую погоду для восстановления тяги до расчетной величины;

возможность реверса тяги.

Количество двигателей определяется на основании сопоставления потребных и располагаемых тяг. У пассажирских реактивных самолетов тяга двигателей, устанавливаемых на самолет, определяется в основном тремя условиями:

Длиной разбега при взлете;

Возможностью продолжения взлета при отказе одного двигателя на критической скорости взлета;

Ограничением шума от самолета в районе аэродрома при взлете заданной величиной.

Однако потребная взлетная тяга двигателей может быть обеспечена разным количеством двигателей при варьировании разными модификациями.

При малом числе двигателей (но большей мощности каждого двигателя) несколько увеличивается вероятность летного происшествия, если двигатели взаимозависимы, т.е. когда нормальная работа одного двигателя зависит от работы других. Большое число двигателей (но соответственно меньшей мощности) связано с уменьшением экономичности, т.к. растут расходы по обслуживанию и ремонту, повышается вес силовой установки и увеличивается вероятность отказа одного из двигателей.

Вероятность выхода "В" из строя или нарушения нормальной работы одного ($i=1$) из двигателей в полете может быть определена по формуле

$$B_{i=1} = 1 - e^{-\frac{t}{t_{\text{ср.от}}}} \cdot n_{\text{дв}} = 1 - e^{-\frac{t}{T_{\text{рес}}}} \cdot n_{\text{дв}}$$

где

t - время беспосадочного полета, час;

$t_{\text{ср.от}}$ - среднее, по статистике, время между отказами данного двигателя, час;

$T_{\text{рес}}$ - установленный межремонтный ресурс двигателя, час.

В первом приближении можно принять

$$t_{\text{ср.от}} \approx T_{\text{рес}}$$

Вероятность отказа в одном полете нескольких независимых двигателей равна

$$B_{i=1}^{i=n_{\text{дв}}} = 1 - e^{-\left(\frac{t}{T_{\text{рес}}}\right)^i}$$

где i - число двигателей, отказавших в одном полете.

Для современных самолетов с ТРД величина $\frac{t}{T_{\text{pec}}} < 0,01$. Поэтому, если разложить значение $e^{-(t/T_{\text{pec}})^i}$ в ряд, ограничиваясь двумя первыми членами разложения, можно без ущерба для точности вычисления записать:

$$B_{i=1}^{i=n_{\text{аб}}} = 1 - e^{-(t/T_{\text{pec}})^i} \approx \left(\frac{t}{T_{\text{pec}}}\right)^i$$

Из условия отказа одного из двигателей находят тяговооруженность в зависимости от числа двигателей.

Себестоимость перевозок для сравниваемых вариантов (по типу и числу двигателей) определяется на основании следующих исходных данных:

- дальности полета;
- коммерческой нагрузки (const);
- взлетного веса;
- потребной мощности или тяги двигателей;
- веса пустого самолета;
- расхода топлива;
- рейсовой скорости.

Себестоимость перевозок рассчитывается с учетом изменяющихся по вариантам вышеприведенных исходных данных. Основной изменяющейся статьей затрат будут расходы на амортизацию двигателей и их техническое обслуживание. Эти расходы зависят от суммарной располагаемой тяги двигателя $n_{\text{аб}} P$ взл., поэтому с точки зрения экономичности самолета выгоднее, когда суммарная располагаемая тяга двигателей имеет минимальную величину.

Однако при этом следует иметь в виду, что:

1. У самолетов с двумя и тремя двигателями имеются значительно лучшие условия для установления больших ресурсов и общих сроков службы двигателей, т.к. на всех этапах полета, кроме взлета, двигатели работают на пониженных режимах.

2. Техническое обслуживание меньшего числа более мощных двигателей проще и дешевле (это обстоятельство не учитывается в методике расчета себестоимости воздушных перевозок).

При сравнении вариантов самолетов, анализируемых по типу и числу двигателей себестоимость перевозок каждого последующего варианта

a_i по отношению к исходному a_1 изменяется так:

$$a_i = a_1 \frac{A_i V_{pi}}{A_1 V_{p1}} \quad \text{коп/т.км, где}$$

$A_i; A$ - расходы на один летный час;

$V_{pi}; V_{p1}$ - крейсерская расчетная скорость самолета

Оценка влияния аэродинамического совершенства самолета на его экономичность (по крылу)

Взлетный вес самолета зависит от основных параметров крыла - $\lambda; \chi^\circ; \zeta_o$ и др. Для выбора оптимальных значений указанных параметров (при определенном типе двигателя) варьируются значения ζ_o и $\chi_{кр}^\circ$ по схеме:

	ζ_{o1}			ζ_{o2}			ζ_{o3}		
	Варианты								
C_o	χ_1	χ_2	χ_3	χ_1	χ_2	χ_3	χ_1	χ_2	χ_3
$C_{хкр}$									
C_{x_o}									
$\zeta_{т.р}$									
$\zeta_{д.ч}$									
$q_{кр}$									
$\zeta_{кр}$									
ζ_k									
G_o									
a_i									

Вес конструкции определяется по формуле:

$$\zeta_k = (\zeta_k^\circ - \zeta_{кр}^\circ) + \zeta_{кр}, \quad \text{где}$$

$$\zeta_k^\circ = \frac{S_k q_{кр}}{G}; \quad \zeta_{кр}^\circ = \frac{S q_{кр}}{G};$$

$q_{кр}$ — см. Н.А.Фомин "Проектирование самолетов" [6]. Затем определяется значение G_0 (при $\xi_{ay} = const$) для различных вариантов. Себестоимость воздушных перевозок α_i по вариантам определяется в зависимости от изменения стоимости конструкции самолета и изменения удельного соотношения G_H [7, 8].

3. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ЧЛЕНЕНИЯ АГРЕГАТОВ (ФУЗЕЛЯЖ, КОРПУС, МОТОГОНДОЛА) НА ЭКОНОМИЧНОСТЬ ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

В данном разделе приведен метод технико-экономической оценки вариантов конструкций стыков и схем панелирования отсеков агрегатов с использованием системы относительных коэффициентов. Под относительным технико-экономическим коэффициентом понимается отвлеченное число, показывающее отношение определенных критериев, характеризующих конструктивные варианты попарно. По величине относительного коэффициента судят об оптимальности того или иного варианта. Так, если величина относительного коэффициента $> 1,0$, то наилучшим вариантом будет тот, значение экономического критерия которого поставлено в знаменатель, и наоборот.

Обоснование выбора вариантов конструкций стыков

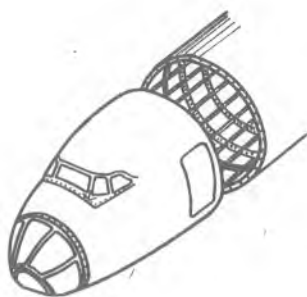
Из всей разновидности конструктивно-эксплуатационных разъемов (КЭР) в данном пособии рассматриваются сопоставимые (круглые прямые) фланцевые и телескопические стыки, широко применяемые в конструкциях (типа корпуса и фюзеляжа) летательных аппаратов. Все последующие выводы распространяются на агрегаты с диаметром от 1,0 до 4,0 метров (рис. 1 и 2).

Различные конструктивные и технологические особенности рассматриваемых КЭР, а также отсутствие на некоторых предприятиях взаимозаменяемости телескопических разъемов приводят к необходимости рассмотреть несколько случаев:

случай А. Отношение какого-либо критерия телескопического взаимозаменяемого разъема к этому же критерию фланцевого разъема, стыковочные болты которого ставятся через лучки;

случай Б. То же самое, но стыковочные болты фланцевого разъема ставятся рабочим, находящимся внутри агрегата;

Фланцевый разъем



Внутреннее соединение

стык

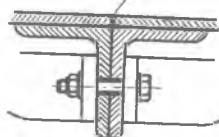
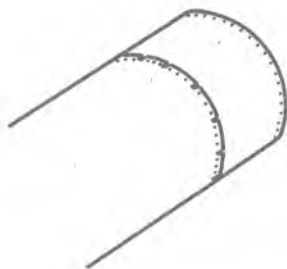


Рис. 1.

Телескопический-цилиндрический разъем



стык



литой массив узел

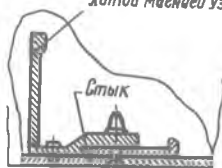


Рис. 2.

случай В. Отношение какого-либо критерия телескопического невазвзаимозаменяемого разъёма к этому же критерию фланцевого разъёма, стыковочные болты которого ставятся через лючки.

случай Г. То же самое, но стыковочные болты фланцевого разъёма ставятся рабочим, находящимся внутри агрегата.

$$\text{Изменение трудоёмкости работ} - \beta_i = \frac{T_{om}}{T_{o\phi}}$$

где T_{oT} ; $T_{o\phi}$ — общая трудоёмкость работ по стыку (включая, получение стыковочных отверстий, сборку элементов стыка и стыковку отсеков), соответственно, телескопическому и фланцевому.

$$\beta_A = \frac{1 + \left(\frac{0,5}{x} + 1\right) \cdot a_m \cdot W + 0,5 \cdot a_T}{\varphi \cdot a_o + \frac{\left(\frac{0,5}{x} + 1\right) \cdot a_m \cdot W}{1,0} + \frac{0,5 a_T}{\varphi \cdot a_\delta}} ;$$

$$\beta_B = \frac{1 + \left(\frac{0,5}{x} + 1\right) \cdot a_m \cdot W + 0,5 a_T}{\varphi a_o + \frac{\left(\frac{0,5}{x} + 1\right) \cdot a_m \cdot W}{1 + 2x} + \frac{0,5 a_T}{\varphi \cdot a_\delta}} ;$$

$$\beta_B = \frac{1 + \left(\frac{1}{x} + 2\right) \cdot a'_m \cdot W + a'_T}{0,5 \varphi a'_o + \left(\frac{1}{x} + 2\right) a'_m W + \frac{a'_T}{\varphi a_\delta}} ;$$

$$\beta_r = \frac{1 + \left(\frac{1}{x} + 2\right) \cdot a'_m W + a'_T}{0,5 \varphi a'_o + \frac{\left(\frac{1}{x} + 2\right) a'_m W}{1 + 2x} + \frac{a}{\varphi a_\delta}} ;$$

Здесь :

$$\varphi = \frac{n_{oT}}{n_{o\phi}} ; \quad a_o = \frac{t_{oT}}{t_{o\phi}} ; \quad a'_o = \frac{t'_{oT}}{t_{o\phi}} ; \quad a = \frac{t_H}{t_m} ;$$

$$x = \frac{n_{oT}}{z_T} ; \quad a_\delta = \frac{t_{oT}}{t_{\delta\phi}} ; \quad a_m = \frac{t_m}{t_{oT}} ; \quad a'_m = \frac{t_m}{t'_{oT}} ;$$

$$a_T = \frac{t_{\delta T}}{t_{oT}} ; \quad a'_T = \frac{t_{\delta T}}{t'_{oT}} ; \quad W = (1 - \beta) + \beta a .$$

где $\Pi_{\alpha}; \Pi_{\text{оф}}$ - количество отверстий под болты стыковочном профиле, соответственно, для телескопического и фланцевого разъема;

$t_o; t'_{\text{оф}}$ - трудоемкость получения одного отверстия в стыковочном профиле (складывается из трудоемкости операции предварительного сверления и разделки отверстия). Определяется по нормативам в зависимости от толщины стенок, марки материала, вида выбранного оборудования и оснастки;

- $t'_{\text{от}}$ - трудоемкость получения одного совместного отверстия в стыковочных профилях телескопического не взаимозаменяемого стыка. Определяется по нормативам (см. приложение)

$t_n; t_m$ - трудоемкость постановки одной заклепки ручным способом соответственно для стесненных и удобных условий труда. Определяется по нормативам;

$Z_T, Z_{\text{ф}}$ - общее число заклепок, крепящих стыковочные профили к обшивке ($Z_T = Z_{\text{ф}}$);

$t_{\delta_T}; t_{\delta_{\text{ф}}}$ - трудоемкость постановки одного винта на телескопическом и одного болта на фланцевом разъеме при стыковке отсеков. Определяется по нормативам;

β - доля неудобных работ по данному агрегату.

Значения β (по Шекунову Е.П.)

Диаметр отсека, м:	1,0	1,5	2,0	3,0	4,0
	1,0	1,0	0,808	0,85	0,7

Нужно иметь в виду, что величина $\alpha_{\delta} = t_{\delta_T} / t_{\delta_{\text{ф}}}$ для случаев А и В будет несколько отличаться от величины α_{δ} для случаев Б и Г, т.к. в одном случае болт ставится через лючок, а в другом непосредственно из агрегата. При нормировании необходимо учитывать это обстоятельство.

Изменение производительности живого труда по рассматриваемым

КЭР

$$\Pi_i = \frac{1}{\beta_i}$$

Изменение длительности циклов выполняемых работ
по стыкам

$$\lambda_i = \frac{U_T}{U_\Phi}$$

Здесь U_T ; U_Φ - величина цикла выполняемых работ по
разъему.

$$\lambda_A = \frac{1 + \left(\frac{0,5}{x} + 1\right) a_m W \gamma_2 + 0,5 a_T \gamma_c}{\frac{1}{\varphi a_o \gamma_{1T}} + \frac{\left(\frac{0,5}{x} + 1\right) a_m W \gamma_2}{\gamma_{2T}} + \frac{0,5 a_T \gamma_c}{\varphi a_\delta \gamma_{cT}}};$$

$$\lambda_B = \frac{1 + \left(\frac{0,5}{x} + 1\right) a_m W \gamma_2 + 0,5 a_T \gamma_c}{\frac{1}{\varphi a_o \gamma_{1T}} + \frac{\left(\frac{0,5}{x} + 1\right) a_m W \gamma_2}{(1+2x) \gamma_{2T}} + \frac{0,5 a_T \gamma_c}{\varphi a_\delta \gamma_{cT}}};$$

$$\lambda_B = \frac{1 + \left(\frac{1}{x} + 2\right) a'_m W \gamma'_2 + a'_T \gamma'_c}{\frac{1}{0,5 \varphi a'_o \gamma'_{1T}} + \frac{\left(\frac{1}{x} + 2\right) a'_m W \gamma'_2}{\gamma'_{2T}} + \frac{a'_T \gamma'_c}{\varphi a'_\delta \gamma'_{cT}}};$$

$$\lambda_T = \frac{1 + \left(\frac{1}{x} + 2\right) a_m W \gamma'_2 + a'_T \gamma'_c}{\frac{1}{0,5 \varphi a'_o \gamma'_{1T}} + \frac{\left(\frac{1}{x} + 2\right) a'_m W \gamma'_2}{(1+2x) \gamma'_{2T}} + \frac{a'_T \gamma'_c}{\varphi a'_\delta \gamma'_{cT}}};$$

где $\gamma_{1T} = \frac{P_{1\Phi}}{P_{1T}}; \quad \gamma_{2T} = \frac{P_{2\Phi}}{P_{2T}}; \quad \gamma_{cT} = \frac{P_{c\Phi}}{P_{cT}};$

$$\gamma_2 = \frac{P_{1\Phi}}{P_{2T}}; \quad \gamma_c = \frac{P_{1T}}{P_{cT}}.$$

Значение P_i чел.

Виды работ		Получение отверстий в стыковочных профилях	Сборка элементов стыка				Стыковка отсеков			
			Im.	2	3	φ 4 и выше	Im.	2	3	φ 4 и выше
Телескопический	Взаимозаменяемый	2	2	4	4	2	2	4	6	
	Невзаимозаменяемый	1	2	4	4	2	2	4	6	
Фланцевый	С постановкой болтов через лючки	2	2	4	4	2	2	4	4	
	С постановкой болтов из агрегата	2	2	4	4	2	4	4	4	

Нужно иметь в виду, что величины $\gamma'_{1T}; \gamma'_2$ и γ'_c для случаев В и Г будут отличаться от величин $\gamma_{1T}; \gamma_2$ и γ_c для случаев А и Б, поскольку фронт работ по подготовке стыковочных отверстий для телескопических невзаимозаменяемых разрезов меньше.

Изменение себестоимости работ по стыкам - $Q_{ci} = \frac{C_{ст}}{C_{сф}}$

Здесь

$C_{сT}; C_{сФ}$ - себестоимость работ по телескопическому и фланцевому стыкам.

$$\Theta_{ci} = 0,185(0,5q + \beta_i + 0,9\lambda_i + 3,0\omega_{ci}),$$

где

$$q = \frac{\mu_{сT}}{\mu_{сФ}} = \frac{G_T}{G_F};$$

$\mu_{сT}; \mu_{сФ}$ - расход основных материалов по стыкам, руб.;

$G_T; G_F$ - вес погонного метра конструкции разреза, кг.

Определяется по графикам.

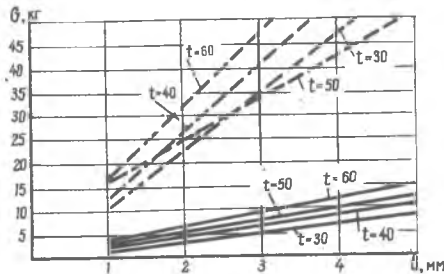
$$\omega_{ci} = \frac{V_{CT}}{V_{C\Phi}}, \text{ где}$$

$V_{CT}, V_{C\Phi}$ - затраты на специальную оснастку в зависимости от годовой программы выпуска изделий, руб.

Значение ω_{ci}

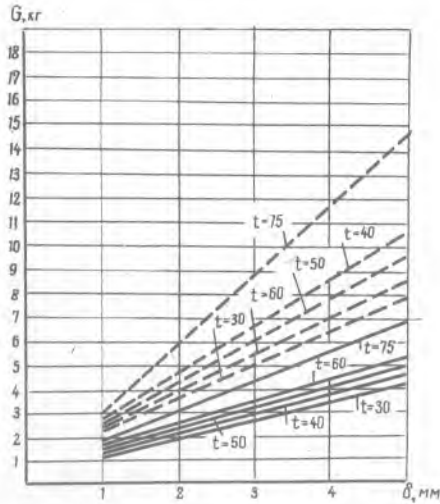
Годовая программа изделий	24	48	72	96	120	144
Виды К.Э.Р						
Телескопические взаимозаменяемые	1,688	1,667	1,626	1,584	1,553	1,531
Телескопические невзаимозаменяемые	0,365	0,385	0,442	0,573	0,508	0,547

График весов погонного метра конструкций разъемов из материала ЗОХГСА и Д16-Т с толщиной обшивок агрегатов от 1 до 5 мм (стык равнопрочный с обшивкой)



— Телескопический разъем
 - - - Фланцевый разъем с постановкой болтов
 изнутри агрегата

$$g = \frac{G_T}{G_\Phi}$$



Здесь t - шаг стыковых болтов

- Телескопический разъем
- Фланцевый разъем с постановкой болтов изнутри агрегата

$$g = \frac{G_T}{F_\Phi} .$$

Изменение размера производственных площадей, необходимых для выполнения работ по рассматриваемым вариантам К.Э.Р.

$$f_{c_i} = \frac{F_T}{F_\Phi} .$$

Здесь

$F_T ; F_\Phi$ - площади заняты оснасткой, на которой выполняются работы по разрядам.

$$f_{c_i} = \lambda_i .$$

Изменение величины производственных фондов - $q_{c_i} = \frac{Q_{c_T}}{Q_{c_F}}$

Здесь

$Q_{c_T}; Q_{c_F}$ - величина производственных фондов, связанных технологическими процессами по видам К Э Р.

$$q_{c_i} = 0,333 (\omega_{c_i} + 2,0f_{c_i}) .$$

Изменение критерия, характеризующего использование производственных фондов по рассматриваемым вариантам стыков

$$J_{c_i} = \frac{\eta_{c_T}}{\eta_{c_F}} .$$

Здесь

$\eta_{c_T}; \eta_{c_F}$ - показатель использования производственных фондов по вариантам,

где

$$\eta_{c_i} = \frac{C_{c_i} N}{Q_{c_i}} ; \quad J_{c_i} = \frac{Q_{c_i}}{q_{c_i}} .$$

Определение срока окупаемости дополнительных капиталовложений - Q_{c_i}

Если условно принять, что, например, изделие с фланцевым К Э Р уже идет в производстве и сделано предложение заменить его телескопическим разъемом, то из всей совокупности затрат, необходимых на внедрение в производство новой конструкции, наиболее характерными будут затраты на спецоснастку (V_{c_T}).

$$Q_{c_i} = \frac{0,151 \omega_{c_i}}{f_{c_i} N \left(\frac{1}{Q_{c_i}} - 1 \right)} \quad \text{годы} .$$

Величина Q_{c_i} не должна превышать 2 + 3 лет.

Обоснование выбора наиболее рациональных
схем панелирования агрегатов (отсеков)

Здесь объектом анализа взяты сборные конструкции типа отсеков корпусов летательных аппаратов, фюзеляжей и мотогондол с диаметрами от 0,5 до 4 метров. Предполагается, что для всех вариантов панелирования обеспечена полная взаимозаменяемость панелей и узлов (т.е. применение подгоночных работ исключено), сборка их ведется в приспособлениях с фиксацией собираемых элементов по контурам, а возможности выполнить требования по герметичности - одинаковые. На величину затрат времени и средств по сборке агрегата влияют различные конструктивные и технологические факторы, главными из которых являются: положение агрегата при сборке (вертикальное или горизонтальное), объем работ, выносимых на панели (зависящий от характера силового набора панелей - продольного, поперечного, продольно-поперечного, рис. 3), характер

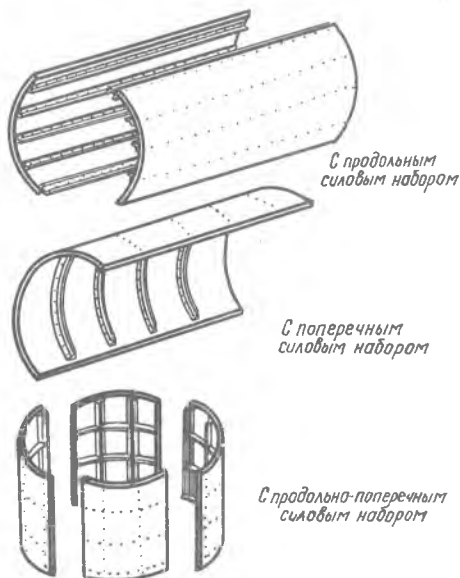


Рис. 3.

механизации работ на панелях и на агрегате (ручные процессы, механизированные) и некоторые другие. Все эти факторы нашли отражение в аналитических формулах расчета изменения того или иного экономического критерия оценки по рассматриваемым схемам панелирования.

Изменение трудоемкости агрегата (отсека) при различных схемах его панелирования -

$$\beta_{0i} = \frac{T_{0m}}{T_{0n}}$$

Здесь

T_{0m} - трудоемкость сборки панелированного отсека;

T_{0n} - трудоемкость сборки непанелированного отсека.

Вертикальное положение агрегата при сборке

Отсек членится на панели с продольным силовым набором

$$\beta_{0Б} = 0,6 \left[\frac{1}{1+\epsilon} \left(\frac{1}{a} + \frac{m_i}{c_H} - 1 \right) + 1 \right] + 0,4 ;$$

$$\beta_{0Г} = 0,6 \left[\frac{1}{1+\epsilon} \left(\frac{1}{a_M} + \frac{m_i}{c_H} - 1 \right) + 1 \right] + 0,4 .$$

Здесь

Б - ручной процесс сборки панелированного отсека
(монтаж ведется после стыковки панелей);

Г - процесс по схеме Б, (но работы по клепке панелей механизированы);

m_i - количество продольных разрезов отсека (панелей);
практически может быть равным 2,3,4,5,6,7,8,9,10;

C_H - число стрингеров в непанелированном агрегате (отсеке);

$\epsilon = \frac{n \cdot \pi \cdot D \cdot \omega_{стр}}{C_H L \omega_{шп}} = const$ - отношение количества крепежных точек на шпангоутах отсека к количеству крепежных точек на стрингерах при нерасчленном варианте конструкции отсека;

где n - число шпангоутов;

D - диаметр отсека;

L - длина отсека;

$\omega_{стр}$ - шаг крепежных точек (заклепок) на отрингере;

$\omega_{шп}$ - шаг крепежных точек (заклепок) на шпангоуте;

$$a = \frac{t_H}{t_M} ;$$

$$a_M = \frac{t_H}{t_{Mm}} ,$$

где t_H - трудоемкость постановки одной заклепки в стесненных условиях (неразрезной вариант отсека);

t_m - трудоемкость постановки одной заклепки в свободных условиях (на панели);
 t_{Mm} - трудоемкость постановки одной заклепки механизированным способом.

Величины t_H ; t_m ; t_{Mm} - определяются по нормативам времени.

Отсек членится на панели с поперечным силовым набором

$$\beta_{0B} = 0,6 \left[1 + \left(\frac{1}{a} - 1 \right) \frac{\sigma}{\sigma + 1} + \frac{1 + C_H \mathcal{X} \sigma}{C_H (1 + \sigma)} \cdot m_i \right] + 0,4 ;$$

$$\beta_{0r} = 0,6 \left[1 + \left(\frac{1}{a_M} - 1 \right) \frac{\sigma}{\sigma + 1} + \frac{1 + C_H \mathcal{X} \sigma}{C_H (1 + \sigma)} \cdot m_i \right] + 0,4 .$$

Здесь

$$\mathcal{X} = \frac{\tau \cdot W_{шп}}{\pi D}$$

- отношение количества крепежных точек (заклепок) по одной накладке к количеству заклепок, крепящих шпангоут к обшивке.

Величина \mathcal{X} - const ;

где

τ - число заклепок одного соединения по накладке шпангоута.

Отсек членится на панели с продольно-поперечным силовым набором

$$\beta_{0A} = \frac{1}{a} + \frac{1 + \mathcal{X} C_H \sigma}{C_H (1 + \sigma)} \cdot m ;$$

$$\beta_{0B} = 0,6 \left[\frac{1}{a} + \frac{1 + \mathcal{X} C_H \sigma}{C_H (1 + \sigma)} \cdot m_i \right] + 0,4 ;$$

$$\beta_{0B} = 0,6 \left[\frac{1}{a_M} + \frac{1 + \mathcal{X} C_H \sigma}{C_H (1 + \sigma)} \cdot m_i \right] + 0,4 \left[\frac{1}{a} + \frac{1 + \mathcal{X} C_H \sigma}{C_H (1 + \sigma)} \cdot m_i \right] ;$$

$$\beta_{0r} = 0,6 \left[\frac{1}{a_M} + \frac{1 + \kappa C_H \sigma}{C_H(1+\sigma)} \cdot m_i \right] + 0,4$$

Здесь

- А - ручной процесс сборки панелированного отсека (монтаж ведется на панелях);
 В - процесс по схеме А, но работы по клепке панелей механизированы.

Горизонтальное положение отсека при сборке

Отсек членится на панели с продольным силовым набором

$$\beta_{0B} = 0,6 \left[\frac{1}{1+\sigma} \cdot \left(\frac{1}{1-\beta(1-a)} - 1 \right) + \frac{m_i}{C_H(1+\sigma)} + 1 \right] + 0,4 ;$$

$$\beta_{0r} = 0,6 \left[\frac{1}{1+\sigma} \cdot \left(\frac{1}{1-\beta(1-a_M)} - 1 \right) + \frac{m_i}{C_H(1+\sigma)} + 1 \right] + 0,4 ;$$

Здесь

β - доля неудобных работ по данному отсеку. Значения величины β см. на стр. 15 пособия.

Отсек членится на панели с поперечным силовым набором

$$\beta_{0B} = 0,6 \left[\frac{1}{1 + \frac{1}{\sigma}} \cdot \left(\frac{1}{1-\beta(1-a)} - 1 \right) + \frac{1 + \kappa C_H \sigma}{(1+\sigma) C_H} \cdot m_i + 1 \right] + 0,4 ;$$

$$\beta_{0r} = 0,6 \left[\frac{1}{1 + \frac{1}{\sigma}} \cdot \left(\frac{1}{1-\beta(1-a_M)} - 1 \right) + \frac{1 + \kappa C_H \sigma}{(1+\sigma) C_H} \cdot m_i + 1 \right] + 0,4 .$$

Отсек членится на панели с продольно-поперечным силовым набором

$$\beta_{0A} = \frac{1 + \frac{1 + \kappa C_H \sigma}{C_H(1+\sigma)} \cdot m_i [1 - \beta(1-a)]}{1 - \beta(1-a)} ;$$

$$\beta_{0Б} = 0,6 \cdot \frac{1 + \frac{1 + \chi C_H \epsilon}{C_H(1+\epsilon)} \cdot m_i [1 - \beta(1-\alpha)]}{1 - \beta(1-\alpha)} + 0,4 ;$$

$$\beta_{0В} = 0,6 \cdot \frac{1 + \frac{1 + \chi C_H \epsilon}{C_H(1-\alpha_M)} \cdot m_i [1 - \beta(1-\alpha_M)]}{1 - \beta(1-\alpha_M)} + 0,4 \cdot \frac{1 + \frac{1 + \chi C_H \epsilon}{C_H(1+\epsilon)} \cdot m_i [1 - \beta(1-\alpha)]}{1 - \beta(1-\alpha)} ;$$

$$\beta_{0Г} = 0,6 \cdot \frac{1 + \frac{1 + \chi C_H \epsilon}{C_H(1+\epsilon)} \cdot m_i [1 - \beta(1-\alpha_M)]}{1 - \beta(1-\alpha_M)} + 0,4 .$$

Изменение производительности живого труда сборки отсека при различных вариантах панелирования

$$\Pi_i = \frac{1}{\beta_{0i}} .$$

Изменение длительности цикла сборки отсека при различных схемах его панелирования

$$\lambda_i = \frac{U_m}{U_H} .$$

Здесь

U_m - длительность цикла сборки панелированного отсека;
 U_H - длительность цикла сборки непанелированного отсека;

Вертикальное положение отсека при сборке

Отсек членится на панели с продольным силовым набором

$$\lambda_B = \frac{1}{1+\epsilon} + \frac{1}{\alpha_H} \left(\frac{0,6}{\gamma} + \frac{0,4}{\beta_B} \right) + \left(0,6 + \frac{0,4}{\beta_B} \right) \cdot \left[\frac{1}{1+\epsilon} \cdot \left(\frac{m_i}{C} - 1 \right) + 1 \right]$$

$$\lambda_r = \frac{1}{1+\epsilon} \cdot \frac{1}{\alpha_m} \left(\frac{0,6}{\gamma} + \frac{0,4}{\beta_r} \right) + \left(0,6 + \frac{0,4}{\beta_r} \right) \cdot \left[\frac{1}{1+\epsilon} \cdot \left(\frac{m_i}{C_H} - 1 \right) + 1 \right]$$

клёпка панелей на прессах ведётся последовательно.

Здесь

$$\gamma = \frac{P_K}{P_H},$$

где

P_K - количество одновременно работающих на панели;

P_H - количество одновременно работающих на сборке панелей отсека.

Значения P_K (по Шекунову Е.П.) и P_H (при L до 4^x метров)

	0,5	1,0	1,5	2,0	3,0	4,0
	1	1	2	2	3	4

$$\beta_b = \frac{\beta_{об} - 0,4}{0,6};$$

$$\beta_r = \frac{\beta_{ор} - 0,4}{0,6}.$$

Отсек членится на панели с поперечным силовым набором

$$\lambda_b = \frac{1}{\alpha(1+\frac{1}{\epsilon})} \left(\frac{0,6}{m_i \gamma} + \frac{0,4}{\beta_r} \right) + \left(0,6 + \frac{0,4}{\beta_r} \right) \left(\frac{1+C_H \times \epsilon}{C_H(1+\epsilon)} m_i - \frac{1}{1+\frac{1}{\epsilon}} + 1 \right);$$

$$\lambda_r = \frac{1}{\alpha_m(1+\frac{1}{\epsilon})} \left(\frac{0,6}{\gamma} + \frac{0,4}{\beta_r} \right) + \left(0,6 + \frac{0,4}{\beta_r} \right) \left(\frac{1+C_H \times \epsilon}{C_H(1+\epsilon)} m_i - \frac{1}{1+\frac{1}{\epsilon}} + 1 \right) -$$

-- клёпка панелей ведётся на прессах последовательно.

Здесь

$$\beta_B = \frac{\beta_{o_B} - 0,4}{0,6} ;$$

$$\beta_G = \frac{\beta_{o_G} - 0,4}{0,6} .$$

Отсек членится на панели с продольно-поперечным силовым набором

$$\lambda_A = \frac{0,6}{a} \left(\frac{1}{m_i \gamma} + 0,666 \right) + \frac{1 + \chi C_H \sigma}{C_H (1 + \sigma)} m_i ;$$

$$\lambda_B = \frac{1}{a} \left(\frac{0,6}{m_i \gamma} + \frac{0,4}{\beta_B} \right) + \frac{1 + \chi C_H \sigma}{C_H (1 + \sigma)} m_i \left(0,6 + \frac{0,4}{\beta_B} \right) ;$$

$$\lambda_B = \frac{1}{a_m} \left(\frac{0,6}{m_i \gamma} + 0,4 \frac{\beta_A}{\beta_B} \right) + \frac{1 + \chi C_H \sigma}{C_H (1 + \sigma)} m_i \left(1 + 0,4 \frac{\beta_A}{\beta_B} \right) ;$$

$$\lambda_G = \frac{1}{a_m} \left(\frac{0,6}{m_i \gamma} + \frac{0,4}{\beta_G} \right) + \frac{1 + \chi C_H \sigma}{C_H (1 + \sigma)} m_i \left(0,6 + \frac{0,4}{\beta_G} \right) .$$

Здесь

$$\beta_A = \beta_{o_A} ; \quad \beta_B = \frac{\beta_{o_B} - 0,4}{0,6} ;$$

$$\beta_B = \frac{\beta_{o_B} - 0,4 \beta_{o_A}}{0,6} ; \quad \beta_G = \frac{\beta_{o_G} - 0,4}{0,6}$$

Величина

$$\frac{1 + \chi C_H \sigma}{C_H (1 + \sigma)}$$

постоянная, обозначим ее ψ

Горизонтальное положение отсека при сборке

Отсек делится на панели с продольным силовым набором

$$\lambda_B = \left(\frac{0,6}{m_i \gamma} + \frac{0,4}{\beta_B} \right) \frac{1}{(1+\epsilon)(1-\beta+a\beta)} + \left(0,6 + \frac{0,4}{\beta_B} \right) \left[\frac{1}{1+\epsilon} \left(\frac{m_i}{C_H} - 1 \right) + 1 \right] ;$$

$$\lambda_r = \left(\frac{0,6}{\gamma} + \frac{0,4}{\beta_r} \right) \frac{1}{(1+\epsilon)(1-\beta+a_m\beta)} + \left(0,6 + \frac{0,4}{\beta_r} \right) \left[\frac{1}{1+\epsilon} \left(\frac{m_i}{C_H} - 1 \right) + 1 \right] -$$

— клепка панелей на процессах ведется последовательно.

Здесь $\gamma = \frac{P_K}{P_H}$,

где

P_K — количество одновременно работающих на панели
(см. значения на стр. 26);

P_H — количество одновременно работающих на сборке
непанелированного отсека.

Значение P_H чел (по Шекунову Е.П.)

D м	0,5	1,0	1,5	2,0	3,0	4,0
P_H	L/2	L				

$$\beta_B = \frac{\beta_{0B} - 0,4}{0,6} ;$$

$$\beta_r = \frac{\beta_{0r} - 0,4}{0,6} .$$

Отсек членится на панели с поперечным силовым набором

$$\lambda_{\text{б}} = \left(\frac{0,6}{m_i \gamma} + \frac{0,4}{\beta_r} \right) \frac{1}{\left(1 + \frac{1}{\sigma}\right)(1 - \beta + a\beta)} + \left(0,6 + \frac{0,4}{\beta_{\text{б}}}\right) \left(1 - \frac{1}{1 + \frac{1}{\sigma}} + \psi m_i\right);$$

$$\lambda_{\text{г}} = \left(\frac{0,6}{\gamma} + \frac{0,4}{\beta_r} \right) \frac{1}{\left(1 + \frac{1}{\sigma}\right)(1 - \beta + a_r \beta)} + \left(0,6 + \frac{0,4}{\beta_r}\right) \left(1 - \frac{1}{1 + \frac{1}{\sigma}} + \psi m_i\right) -$$

- клепка панелей на прессах ведется последовательно.

Здесь

$$\beta_{\text{б}} = \frac{\beta_{\text{о б}} - 0,4}{0,6};$$

$$\beta_r = \frac{\beta_{\text{о г}} - 0,4}{0,6}.$$

Отсек членится на панели с продольно-поперечным набором

$$\lambda_{\text{а}} = \frac{\frac{0,6}{m_i \gamma} + 0,4}{1 - \beta + a\beta} + \psi m_i;$$

$$\lambda_{\text{б}} = \frac{\frac{0,6}{m_i \gamma} + \frac{0,4}{\beta_{\text{б}}}}{1 - \beta + a\beta} + \left(0,6 + \frac{0,4}{\beta_{\text{б}}}\right) \psi m_i;$$

$$\lambda_{\text{в}} = \frac{\frac{0,6}{m_i \gamma} + 0,4 \frac{\beta_{\text{а}}}{\beta_{\text{б}}}}{1 - \beta + a_m \beta} + \left(0,6 + 0,4 \frac{\beta_{\text{а}}}{\beta_{\text{б}}}\right) \psi m_i;$$

$$\lambda_{\text{г}} = \frac{\frac{0,6}{m_i \gamma} + \frac{0,4}{\beta_r}}{1 - \beta + a_m \beta} + \left(0,6 + \frac{0,4}{\beta_r}\right) \psi m_i.$$

Здесь

$$\beta_A = \beta_{o_A} ;$$

$$\beta_B = \frac{\beta_{o_B} - 0,4}{0,6} ;$$

$$\beta_B = \frac{\beta_{o_B} - 0,4\beta_{o_A}}{0,6} ;$$

$$\beta_G = \frac{\beta_{o_G} - 0,4}{0,6} .$$

Изменение себестоимости агрегата (отсека) при различных вариантах его панелирования

$$\theta_i = \frac{C_m}{C_H} .$$

Здесь

C_m - себестоимость панелированного отсека;
 C_H - себестоимость непанелированного отсека

$$\theta_i = 0,313 (\beta_{o_i} + 0,5\lambda_i + 1,7\alpha_i) ,$$

где

$\alpha_i = \frac{V_{om}}{V_{oH}}$ - стоимость ступеней сборки панелированного отсека
 (с учетом всех наименований ступеней и годового
 V_{om} объема работ);
 V_{oH} - то же самое, но для непанелированного отсека.

Расчет величины α_i .

Вертикальное положение агрегата (отсека) при сборке

Отсек членится на панели с продольным силовым набором

$$\alpha_B = \frac{1}{1+\epsilon} \cdot \frac{1}{a} \left(\frac{0,6\omega_i}{\gamma} + \frac{0,4}{\beta_6} \right) + \left(0,6 + \frac{0,4}{\beta_B} \right) \left[\left(\frac{m_i}{C_H} - 1 \right) \frac{1}{1+\epsilon} + 1 \right] ;$$

$$\alpha_{\Gamma} = \frac{1}{1+\delta} \cdot \frac{1}{a_m} \left(\frac{0,6\omega_i}{\gamma} + \frac{0,4}{\beta_{\Gamma}} \right) + \left(0,6 + \frac{0,4}{\beta_{\Gamma}} \right) \left[\frac{1}{1+\delta} \left(\frac{m_i}{C_H} - 1 \right) + 1 \right] .$$

Здесь $\omega_i = \frac{V_m}{V_H} .$

— отношение стоимости одного стапеля сборки панели (V_m) к стоимости одного стапеля сборки непанелированного отсека (V_H)

Значение ω_i

m_i	2	4	6	8	10
ω_i	0,8	0,6	0,4	0,3	0,2

Отсек членится на панели с поперечным силовым набором

$$\alpha_{\text{Б}} = \frac{1}{a \left(1 + \frac{1}{\delta} \right)} \left(\frac{0,6\omega_i}{\gamma} + \frac{0,4}{\beta_{\text{Б}}} \right) + \left(0,6 + \frac{0,4}{\beta_{\text{Б}}} \right) \left(\psi m_i - \frac{1}{1 + \frac{1}{\delta}} + 1 \right) ;$$

$$\alpha_{\Gamma} = \frac{1}{a_m \left(1 + \frac{1}{\delta} \right)} \left(\frac{0,6\omega_i}{\gamma} + \frac{0,4}{\beta_{\Gamma}} \right) + \left(0,6 + \frac{0,4}{\beta_{\Gamma}} \right) \left(\psi m_i - \frac{1}{1 + \frac{1}{\delta}} + 1 \right) .$$

Отсек членится на панели с продольно-поперечным силовым набором

$$\alpha_{\text{А}} = \frac{0,6}{a} \left(\frac{\omega_i}{\gamma} + 0,666 \right) + \psi m_i ;$$

$$\alpha_{\text{Б}} = \frac{1}{a} \left(\frac{0,6\omega_i}{\gamma} + \frac{0,4}{\beta_{\text{Б}}} \right) + \psi m_i \left(0,6 + \frac{0,4}{\beta_{\text{Б}}} \right) ;$$

$$\alpha_B = \frac{1}{a_M} \left(\frac{0,6\omega_i}{\gamma} + 0,4 \frac{\beta_A}{\beta_B} \right) + \psi m_i \left(1 + 0,4 \frac{\beta_A}{\beta_B} \right) ;$$

$$\alpha = \frac{1}{a_M} \left(\frac{0,6\omega_i}{\gamma} + \frac{0,4}{\beta_r} \right) + \psi m_i \left(0,6 + \frac{0,4}{\beta_r} \right) .$$

Горизонтальное положение отсека при сборке

Отсек членится на панели с продольным силовым набором

$$\alpha_B = \frac{\frac{0,6\omega_i}{\gamma} + \frac{0,4}{\beta_B}}{(1+\epsilon)(1-\beta+\alpha\beta)} + \left(0,6 + \frac{0,4}{\beta_B} \right) \left[\frac{\frac{m_i}{c_H} - 1}{1+\epsilon} + 1 \right]$$

$$\alpha_r = \frac{\frac{0,6\omega_i}{\gamma} + \frac{0,4}{\beta_r}}{(1+\epsilon)(1-\beta+a_M\beta)} + \left(0,6 + \frac{0,4}{\beta_r} \right) \left[\frac{\frac{m_i}{c_H} - 1}{1+\epsilon} + 1 \right]$$

Отсек членится на панели с поперечным силовым набором

$$\alpha_B = \left(\frac{0,6\omega_i}{\gamma} + \frac{0,4}{\beta_B} \right) \frac{1}{\left(1 + \frac{1}{\epsilon} \right) (1-\beta+\alpha\beta)} + \left(0,6 + \frac{0,4}{\beta_B} \right) \left(1 - \frac{1}{1+\frac{1}{\epsilon}} + \psi m_i \right) ;$$

$$\alpha_r = \left(\frac{0,6\omega_i}{\gamma} + \frac{0,4}{\beta_r} \right) \frac{1}{\left(1 + \frac{1}{\epsilon} \right) (1-\beta+a_M\beta)} + \left(0,6 + \frac{0,4}{\beta_r} \right) \left(1 - \frac{1}{1+\frac{1}{\epsilon}} + \psi m_i \right) .$$

Отсек членится на панели с продольно-поперечным силовым набором

$$\alpha_A = \frac{\frac{0,6\omega_i}{\gamma} + 0,4}{1-\beta+\alpha\beta} + \psi m_i ;$$

$$\alpha_B = \frac{0,6\omega_i + \frac{0,4}{\beta_B}}{1 - \beta + \alpha\beta} + \left(0,6 + \frac{0,4}{\beta_B}\right)\psi m_i ;$$

$$\alpha_B = \frac{0,6\omega_i + 0,4 \frac{\beta_A}{\beta_B}}{1 - \beta + \alpha_m\beta} + \left(0,6 + 0,4 \frac{\beta_A}{\beta_B}\right)\psi m_i ;$$

$$\alpha_{\Gamma} = \frac{0,6\omega_i + \frac{0,4}{\beta_{\Gamma}}}{1 - \beta + \alpha_m\beta} + \left(0,6 + \frac{0,4}{\beta_{\Gamma}}\right)\psi m_i .$$

Изменение размера производственных площадей, необходимых для сборки годовой программы агрегата (отсека) при различных вариантах его панелирования

$$f_i = \frac{F_m}{F_H} .$$

Здесь

F_m - потребная площадь для сборки годовой программы панелированного отсека;

F_H - то же самое, но для непанелированного агрегата.

Вертикальное положение отсека при сборке

Отсек членится на панели с продольным силовым набором

$$f_B = \frac{1}{1+\sigma} \cdot \frac{1}{\alpha} \left(\frac{0,6\varepsilon_i}{\gamma} + \frac{0,4}{\beta_B} \right) + \left(0,6 + \frac{0,4}{\beta_B}\right) \left[\frac{1}{1+\sigma} \left(\frac{m_i}{C_H} - 1 \right) + 1 \right] ;$$

$$f_{\Gamma} = \frac{1}{1+\sigma} \cdot \frac{1}{\alpha_m} \left(\frac{0,6\varepsilon_i}{\gamma} + \frac{0,4}{\beta_{\Gamma}} \right) + \left(0,6 + \frac{0,4}{\beta_{\Gamma}}\right) \left[\frac{11}{1+\sigma} \left(\frac{m_i}{C_H} - 1 \right) + 1 \right] .$$

Здесь

$\varepsilon_i = \frac{S_m}{S_H}$ - отношение площади, занимаемой одним ступенем сборки панели к площади, занимаемой ступенем сборки непанелированного отсека.

Значения ε_i

m_i	ε_i
2	$\varepsilon = \frac{(L+2)(R+4)}{(2R+4)(2R+4)}$
4	$\varepsilon = \frac{(L+2)(0,293R+4)}{(2R+4)(2R+4)}$
6	$\varepsilon = \frac{(L+2)(0,134R+4)}{(2R+4)(2R+4)}$
8	$\varepsilon = \frac{(L+2)(0,076R+4)}{(2R+4)(2R+4)}$
10	$\varepsilon = \frac{(L+2)(0,049R+4)}{(2R+4)(2R+4)}$

Отсек членится на панели с поперечным силовым набором

$$f_B = \frac{1}{a(1+\frac{1}{\sigma})} \left(\frac{0,6\varepsilon_i}{\gamma} + \frac{0,4}{\beta_B} \right) + \left(0,6 + \frac{0,4}{\beta_B} \right) \left(\psi m_i - \frac{1}{1+\frac{1}{\sigma}} + 1 \right);$$

$$f_r = \frac{1}{a_m(1+\frac{1}{\sigma})} \left(\frac{0,6\varepsilon_i}{\gamma} + \frac{0,4}{\beta_r} \right) + \left(0,6 + \frac{0,4}{\beta_r} \right) \left(\psi m_i - \frac{1}{1+\frac{1}{\sigma}} + 1 \right) .$$

Отсек членится на панели с продольно-поперечным силовым набором

$$f_A = \frac{0,6}{\alpha} \left(\frac{\varepsilon_i}{\gamma} + 0,666 \right) + \psi m_i ;$$

$$f_B = \frac{1}{\alpha} \left(\frac{0,6\varepsilon_i}{\gamma} + \frac{0,4}{\beta_B} \right) + \psi m_i \left(0,6 + \frac{0,4}{\beta_B} \right) ;$$

$$f_B = \frac{1}{\alpha_m} \left(\frac{0,6\varepsilon_i}{\gamma} + 0,4 \frac{\beta_A}{\beta_B} \right) + \psi m_i \left(1 + 0,4 \frac{\beta_A}{\beta_B} \right) ;$$

$$f_r = \frac{1}{\alpha_m} \left(\frac{0,6\varepsilon_i}{\gamma} + \frac{0,4}{\beta_r} \right) + \psi m_i \left(0,6 + \frac{0,4}{\beta_r} \right) .$$

Горизонтальное положение отсека при сборке

Отсек членится на панели с продольным силовым набором

$$f_B = \frac{\frac{0,6\varepsilon_i}{\gamma} + \frac{0,4}{\beta_B}}{(1+\sigma)(1-\beta+\alpha\beta)} + \left(0,6 + \frac{0,4}{\beta_B} \right) \left[\frac{\frac{m_i}{C_H} - 1}{1+\sigma} + 1 \right] ;$$

$$f_r = \frac{\frac{0,6\varepsilon_i}{\gamma} + \frac{0,4}{\beta_r}}{(1+\sigma)(1-\beta+\alpha_m\beta)} + \left(0,6 + \frac{0,4}{\beta_r} \right) \left[\frac{\frac{m_i}{C_H} - 1}{1+\sigma} + 1 \right] .$$

Значение ε_i

m_i	ε_i
2	$\varepsilon = \frac{(L+2)(R+4)}{(L+2)(2R+4)} = \frac{R+4}{2R+4}$
4	$\varepsilon = \frac{(L+2)(0,293R+4)}{(L+2)(2R+4)} = \frac{0,293R+4}{2R+4}$
6	$\varepsilon = \frac{(L+2)(0,293R+4)}{(L+2)(2R+4)} = \frac{0,134R+4}{2R+4}$
8	$\varepsilon = \frac{(L+2)(0,076R+4)}{(L+2)(2R+4)} = \frac{0,076R+4}{2R+4}$
10	$\varepsilon = \frac{(L+2)(0,049R+4)}{(L+2)(2R+4)} = \frac{0,049R+4}{2R+4}$

Отсек делится на панели с поперечным силовым набором

$$f_{\text{Б}} = \left(\frac{0,6\varepsilon_i}{\gamma} + \frac{0,4}{\beta_{\text{Б}}} \right) \frac{1}{\left(1 + \frac{1}{\sigma}\right)(1 - \beta + \alpha\beta)} + \left(0,6 + \frac{0,4}{\beta_{\text{Б}}}\right) \left(1 - \frac{1}{1 + \frac{1}{\sigma}} + \psi m_i\right);$$

$$f_{\text{Г}} = \left(\frac{0,6\varepsilon_i}{\gamma} + \frac{0,4}{\beta_{\text{Г}}} \right) \frac{1}{\left(1 + \frac{1}{\sigma}\right)(1 - \beta + \alpha\beta)} + \left(0,6 + \frac{0,4}{\beta_{\text{Г}}}\right) \left(1 - \frac{1}{1 + \frac{1}{\sigma}} + \psi m_i\right).$$

Отсек членится на панели с продольно-поперечным силовым набором

$$f_A = \frac{0,6\varepsilon_i}{\gamma} + 0,4 + \psi m_i ;$$

$$f_B = \frac{0,6\varepsilon_i}{\gamma} + \frac{0,4}{\beta_B} + \left(0,6 + \frac{0,4}{\beta_B}\right) \psi m_i ;$$

$$f_B = \frac{0,6\varepsilon_i}{\gamma} + 0,4 \frac{\beta_A}{\beta_B} + \left(0,6 + 0,4 \frac{\beta_A}{\beta_B}\right) \psi m_i ;$$

$$f_r = \frac{0,6\varepsilon_i}{\gamma} + \frac{0,4}{\beta_r} + \left(0,6 + \frac{0,4}{\beta_r}\right) \psi m_i .$$

Изменение величины производственных фондов, связанных технологическим процессом сборки агрегата (отсека) при разных значениях m_i

$$q_i = \frac{Q_m}{Q_H} .$$

Здесь

Q_m ; Q_H - стоимость производственных фондов (оснастка и площади) для изготовления годовой программы панелированного и неразрезного агрегата.

$$q_i = \frac{\alpha_i + 0,44f_i}{1,44} .$$

Изменение критерия, характеризующего использование
производственных фондов

$$J_i = \frac{\eta_m}{\eta_H} .$$

В общем виде

$$\eta_i = \frac{C_i N}{\theta_i} ; \quad J_i = \frac{\theta_i}{q_i} .$$

Определение срока окупаемости дополнительных капитальных
затрат при различных схемах панелирования - O_i

Здесь условно принято, что непанелированный вариант идет в производ-
ство.

$$O_i = \frac{1,5 \alpha_i}{f_i N \left(\frac{1}{\theta_i} - 1 \right)} \quad \text{годы} .$$

4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТЕПЕНИ МОНОЛИТНОСТИ ПРОЕКТИРУЕМЫХ УЗЛОВ

Монолитность конструкции (в таблице этот показатель технологичности показан под № II) является одним из наиболее универсальных средств для повышения коэффициента использования материала. Под монолитностью понимается максимальное сокращение сборности конструкций, приближение их форм и размеров к теоретически необходимым.

Разница в коэффициентах использования материала между сборной и монолитной конструкциями весьма существенна и достигает 30% минимального необходимого теоретического веса. Это говорит о том, что увеличение монолитности конструкции есть один из главных путей увеличения коэффициента использования материала в конструкциях. Но технологические процессы, осуществляемые при создании монолитных конструкций (химическое травление, горячая и холодная штамповка, литье, прессование и т.д.) определяют ряд требований к применяемым материалам.

В свою очередь, выбор и целесообразность того или иного вида технологического процесса определяется типом производства и количеством выпускаемых изделий. Поэтому определение степени монолитности конструкций должно производиться сопоставлением затрат на производство конкретной конструкции при ее различных конструктивных оформлениях. Исходя из последнего определяем оптимальную величину монолитности.

Анализ должен начинаться с изучения использования весовой отдачи материала в конструкции при ее вариантах-сборной и монолитной.

Основными технологическими процессами, при помощи которых осуществляется создание монолитных конструкций, являются: химическое травление, штамповка, литье и прессование.

Основными же видами соединений в сборных конструкциях являются заклепочные, болтовые, сварные, паяные, запрессовка и некоторые другие.

Обычно конструкторы ОКБ при выборе материалов для той или иной конструкции оперируют его удельной прочностью Π , представляющей отношение предела прочности (σ_B) материала в кг/см^2 к его удельному весу γ кг/см^3 , т.е.

$$\Pi = \frac{\sigma_B}{\gamma} \text{ см}$$

и отдают предпочтение материалам, имеющим наибольшую величину Π .

Если, например, в панельной конструкции с площадью сечения F размерами сторон L и b растягивающая нагрузка P распределена по стороне b , то можно записать, что

$$P = F \sigma_H, \text{ где}$$

σ_H - напряжение от приложенной нагрузки;

$$\text{Вес панели } W = L F \gamma \quad \text{или} \quad W = L \cdot \frac{P}{\sigma} \cdot \gamma,$$

принимая, что P - разрушающая нагрузка, следует считать $\sigma_H = \sigma_B$;

$$\text{тогда} \quad W = L P \frac{\gamma}{\sigma_B},$$

где

$\frac{\gamma}{\sigma_8}$ - характеризует свойства материала и называется обратной удельной прочностью или весовой отдачей (в данном случае - на растяжение).

При оценке использования весовой отдачи материала в монолитной и сборной конструкциях должны учитываться различные факторы, например, значения коэффициентов:

В сборной конструкции:

- $K_1 = 1,18$ (ослабление и накладки);
- $K_2 = 1,33$ (несоответствие расчётных сечений фактическим);
- $K_3 = 0,95$ (привес листа);
- $K_4 = 1,04$ (привес на стандартные толщины полуфабрикатов);
- $K_5 = 1,05$ (плакировка);

В монолитной конструкции:

- $K_1 = 1,01$ (усиление торца под стык);
- $K_2 = 1,0$;
- $K_3 = 1,09$ (привес от химического травления);
- $K_4 = 1,00$
- $K_5 = 1,03$ (плакировка с одной стороны).

$$\text{и } V \cdot \frac{P}{K} = \frac{\gamma}{\sigma_8} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5$$

Все виды полуфабрикатов имеют характерные для их производства средние отклонения от номинального веса:

Листы

алюминиевых сплавов	- 6%
углеродистых легированных сталей	- 1%
нержавеющих сталей	+ 3%
никелевых сплавов	+ 4%

Профили и панели прессованные:

профили толщиной до 5 мм	+ 5%
профили мощные	+ 7%
панели прессованные	+ 9%

Горячие штамповки:

мелкие и средние	+ 9%
крупные	+ 13%

Литье в землю:

средних размеров	+ 15%
крупных размеров	+ 20%

Определив для данных расчетных нагрузок вес конструкции (сборной или монолитной) - $W_i = L \cdot P \cdot \left(\frac{L}{S_p}\right) \cdot K_1^I \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5$ - мы тем самым еще не определили нормы расхода материала на конструкцию. Норма расхода, как известно, будет зависеть от вида заготовки (исходного полуфабриката, учитывающего в цене на I штуку количество сырья, потребного на получение исходного полуфабриката) и доли реализованных отходов.

В различных источниках (прейскуранты цен, учебная литература, справочники, "рекомендации" и др.) существуют нормативные данные: стоимость I кг заготовок при различных способах их получения; % отхода материалов, профилей и т.д.; стоимость отходов для различных видов материалов; удельная себестоимость (или трудоемкость) единицы работ при различных методах изготовления детали (сборка, сварка, химическое травление и т.д.) для различных масштабов выпуска изделий и др.

Исходя из этого (обозначив через W_{iP} - расход материалов за вычетом реализованных отходов на одну деталь (или узел) соответственно для сборной и монолитной конструкции; $S_{yд}$ - удельную себестоимость (руб/кг) единицы работ при различных методах производства), докажем, что монолитность целесообразна при условии:

$$W_{iP} \cdot S_{yдM} - W_{сдP} \cdot S_{yдсБ} < 0$$

Некоторые справочные данные:

1) Значение коэффициента использования металла

Исходная заготовка детали	Значение коэффициента
2	3
Отливка из алюминиевого или медного сплава	0,7
Стальная отливка	0,6
Отливка из магниевго сплава	0,5
Горячештампованная заготовка	0,45
Поковка	0,3
Трубка тонкостенная	0,85
Трубка толстостенная	0,35
Профиль	0,7
Лист стальной	0,5
Лист из алюминиевых сплавов	0,65
Прутки	0,25
Пр о в о л о к а	0,9

2) Сборка конструкции узла

Условная себестоимость сборки ($S_{сб}$) монолитного узла будет складываться:

$$S_{сб} = K_1 n_{пр} + K_2 n_{сб.отв} + \sum_1^m K_3 n_m ,$$

где

$K_1; K_2$ - условные затраты на 1 в/час (за исключением основных материалов) в зависимости от годового выпуска собираемых деталей соответственно в сборочных приспособлениях и по сборочным отверстиям (значения K_1 и K_2 см. ниже), руб;

$n_{пр}; n_{сб.отв}$ - количество деталей, подлежащих сборке соответственно в сборочных приспособлениях и по сборочным отверстиям, шт;

m - различные способы соединения деталей (клепка, сварка, сборка на болтах);

K_3 - условные затраты на установку одной точки соединения способом

m (значения K_3 см. ниже);

n_m - число точек соединения способом m .

Значение K_1 и K_2 (руб)

Годовая программа выпуска (в шт.)	K_1	K_2
10	0,841	0,0584
100	0,104	0,0247
200	0,063	0,0229
300	0,049	0,0220
400	0,042	0,0217
500	0,038	0,0215
600	0,035	0,0214
700	0,0332	0,02135
800	0,0322	0,02131
900	0,0305	0,02128
1000	0,0303	0,02125
1500	0,0300	0,02110
2000	0,0290	0,02107
5000	0,0290	0,0210

Значение K_3

№ п/п	Способы соединения деталей m	K_3		n_i	
		самолета легкого типа	среднего и тяжелого типа		
1	2	3	4	5	6
1.	Механизированное сверление и групповая прессовая клепка	0,00187	0,00204	n_1	Заклепки
	Ручное сверление и одиноч- ная прессовая клепка	0,00222	0,600256	n_2	
	Ручное сверление и ручная клепка	0,00313	0,00371	n_3	
	Ручное сверление и одно- сторонняя клепка	0,0035	0,00371	n_4	
2.	Сварка деталей из алюмин. сплава на точечной машине	0,00171	0,00211	n_5	Сварные точки

I	2	3	4	5	6
Сварка деталей из нержавеющей стали на точечной машине	0,00052	0,0006	n_6		
Сварка деталей из алюминиевых сплавов на роликовой машине	0,00067	0,00079	n_7		
Сварка деталей из нержавеющей стали на роликовой машине	0,00029	0,00033	n_8		
3. Сборка на болтах 2-го класса	0,018006	0,2029	n_9		
- " - " - 3-го класса	0,01521	0,01691	n_{10}		Болты
- " - " - 4-го класса	0,1227	0,01341	n_{11}		
- " - " - 5-го класса	0,00967	0,01030	n_{12}		

ПРИМЕЧАНИЕ. I. В условные затраты " K_3 " на болтовые и заклепочные соединения включена стоимость изготовления болтов и заклепок.

2. Для анализа конструкции по этому показателю студент выбирает сам конструктивный узел, а по времени проводит такой анализ на стадии рабочего проектирования в спец. теме.

При оценке различных вариантов узлов по показателю "монолитность" возможны при наличии более точных исходных данных и более точные расчеты. Под точными исходными данными понимаются подробные технологические процессы различных вариантов узлов (или подробные типовые техпроцессы) с рядом справочных материалов. В этом случае при необходимости за критерий может приниматься как полная, так и технологическая себестоимость проектируемых узлов. В качестве примера рассмотрим два конструктивных варианта качалки. Узел в вариантах отличается не только степенью монолитности, но и марками материалов. Различные марки требуют применения различных технологических процессов для получения исходных заготовок и для последующей обработки заготовки.

Свойства выбранных материалов следующие:

40Г2

$$\sigma_B = 67 \text{ кг/мм}^2$$

$$\varepsilon = 12\%$$

$$\sigma_T = 39 \text{ кг/мм}^2$$

$$\psi = 40\%$$

$$\gamma = 7,8 \text{ г/см}^3$$

$$H_B = 217 \text{ кг/мм}^2$$

Для данного материала характерна хорошая текучесть, хорошая свариваемость дуговой и удовлетворительная - газовой сваркой. Можно применить процесс - литье.

Ст. 20

$$\sigma_{\delta} = 41 \text{ кг/мм}^2;$$

$$\epsilon = 25\%$$

$$\sigma_T = 25 \text{ кг/мм}^2;$$

$$\psi = 55\%$$

$$\gamma = 7,85 \text{ г/см}^3;$$

$$H_B = 156 \text{ кг/мм}^2$$

Материал этой марки хорошо сваривается дуговой и контактной сваркой. Можно применить механическую обработку отдельных деталей с последующей сваркой. Заданная программа выпуска изделий в год - 250 штук.

Так как эти методы изготовления качалки отличаются в принципе, то целесообразно применять в качестве критерия оценки полную себестоимость

$$C_{п_i} = M_{осн_i} + Z_{осн_i} + ЦНР_i ,$$

где

$M_{осн_i}$ - затраты на основные материалы для каждого из рассматриваемых вариантов;

$Z_{осн_i}$ - затраты по основной заработной плате;

$ЦНР_i$ - цеховые накладные расходы.

Используя различные справочные, стоимостные и статистические (по типовым процессам) данные, определяем совокупные затраты по вариантам (с учетом масштаба выпуска):

для литого варианта $C_{п_л} = 137,0 \text{ руб};$

для сварного варианта $C_{п_св} = 66,0 \text{ руб}.$

Если оставить без рассмотрения показатель использования основных фондов по вариантам, то можно сделать вывод - сварной вариант (т.е. менее монолитный) для заданных масштабов производства более целесообразен.

ПРИМЕЧАНИЕ. Некоторые справочные материалы, необходимые для оценки проектируемых конструкций по показателю "монолитность", см. в приложениях.

5. ВЫБОР МАТЕРИАЛА (С УЧЕТОМ ЕГО ОБРАБАТЫВАЕМОСТИ И ВИДА ИСХОДНЫХ ЗАГОТОВОК)

При анализе конструкции по данному показателю **технологичности** (№ 13) ставится цель - выбор материала, эффективного в конструкции и простого в производстве.

Конструктивная эффективность материала определяется его весовой отдачей в конкретной конструкции, а также его физико-химическими характеристиками (коррозионная стойкость в данной среде, теплопроводность, свариваемость и т.д.). Однако в большинстве случаев необходимо, чтобы материал удовлетворял требованию максимальной весовой отдачи, под которой понимается максимальное использование его механических свойств в условиях эксплуатации конструкции при минимально возможном весе.

По механическим свойствам сравниваемых марок материалов и их обрабатываемости определяем виды исходных заготовок. Например, перед конструктором стоит вопрос - как конструктивно оформить силовую деталь - кронштейн, имея исходные данные:

- 1) функциональное значение данной детали в конструкции машины;
- 2) виды расчетных нагрузок и их абсолютные величины;
- 3) механические свойства различных материалов (предел прочности при разрыве, предел текучести при растяжении, относительное удлинение, твердость и др.);
- 4) годовую программу выпуска данных деталей (если этих данных нет, то нужно выяснить, на какой объем производства нужно производить расчеты).

Допустим, что, исходя из механических свойств металлов, конструктор выбрал следующие:

40ХНТЛ - конструкционная легированная сталь:
предел прочности на разрыв - 90 кг/мм²;
предел текучести - 70 кг/мм²;
относительное удлинение - 10%.

30ХМА - сталь конструкционная легированная сортовая:

предел прочности - 95 кг/мм²
предел текучести - 76 кг/мм²
относительное удлинение - 12%.

Первая сталь - литейная, вторая - штамповая. Этих данных недостаточно, чтобы отдать предпочтение выбору какой-то марки, хотя вторая имеет несколько лучшие характеристики. Стоимость стали 30ХМА тоже несколько выше. Если принять, что чистый вес детали из этих сплавов должен быть примерно одинаков, то нормы расхода будут различны, т.к. коэффициент использования металла у литых деталей 0,6, а у штампованных $\approx 0,45$. Кроме того, должны учитываться обрабатываемость металла и окупаемость оснастки при том и другом процессе данной программы выпуска.

Обрабатываемость металла в итоге выразится через статью расходов - заработная плата основных рабочих, а окупаемость через статью расходов - амортизация и расход на содержание оборудования, приспособлений и инструментов при литье и штамповке соответственно.

Таким образом, чтобы отдать предпочтение какому-либо из вариантов и соответственно оформить это конструктивно, нужно сравнить затраты на эти варианты и по ним выбрать наименьшие, т.е.

$$(N_i S_i Z_{oi} + \sum A_{oi} + \sum P_i) N_{200} \rightarrow \min$$

где

- N_i - норма расхода материала на 1 деталь, кг;
- S_i - стоимость 1 кг, металла, руб;
- Z_{oi} - расходы по заработной плате основных рабочих на 1 деталь, руб;
- $\sum A_{oi}$ - сумма амортизационных списаний со стоимости оборудования, инструмента, приспособлений и т.д., руб;
- $\sum P$ - сумма расходов по содержанию оборудования и т.д., руб;
- N_{200} - годовая программа выпуска деталей данного наименования, шт.

ПРИМЕЧАНИЕ. При сравнении вариантов (двух, трех и больше) должны быть учтены все решающие для данного варианта расходы.

Производственную оценку применяемых материалов можно дать путем сравнения их с хорошо освоенными материалами. Так, обрабатываемость материалов при фрезеровании по отношению к показателю обрабатываемости ст. 45, принятой за 100%, равна:

ст. 30ХГСА - 50%	($\sigma_s = 120 \text{ кг/мм}^2$)
- 20%	($\sigma_s = 160 \text{ кг/мм}^2$)
ст. ЭИ643 - 10%	($\sigma_s = 200 \text{ кг/мм}^2$)
ст. IX18H9-T - 15% ;	
BT-2 - 8% ;	
ДИ6 - 1000% ;	
МЛ5-Г - 2500% ;	

При изготовлении деталей из листа обрабатываемость некоторых видов материалов по отношению к показателю обрабатываемости ДИ6, принятой за 100%, равна:

B95 - 85% ;
IX18H9M - 55% ;
AMГ6-T - 200% ;
MA-8 - 60% ;
BT-5 - 40% ;
AMЦM - 400% .

При выборе материала по проектируемой детали возможна как приближенная (укрупненная) оценка целесообразности той или иной марки (на основании справочных материалов прилагаемых к данному пособию), так и более точная.

Под более точной оценкой понимается подробный расчет того или иного варианта оценки с привлечением ряда более объективных исходных данных (технологические процессы, стоимостные данные материалов, нормы расходов, характеристики оборудования и оснастки, годовые объемы выпуска деталей и т.д.). В качестве критерия оценки может быть принята как полная, так и технологическая себестоимость.

В качестве примера рассмотрим порядок анализа и выбора марки материала для детали "тяги".

Замена марки материала - ст. 30ХГСА сплавом АК-8 дало определенное снижение веса детали. Однако расчетные сечения несколько увеличились.

Характеристика ст. 30ХГСА

σ_B	ϵ	σ_s	σ_w	γ	E	α_H
110	10	85	45	785	21000	6

Характеристика сплава АК-8

σ_B	ϵ	σ_s	σ_w	γ	E	G
46 + 42	6 - 10	38	11,5	2,8	7200	2700

σ_B - предел прочности (временное сопротивление разрыву), кг/мм²;

ϵ - удлинение, %

α_H - удельная ударная вязкость, кг/см²;

σ_s - предел текучести, кг/мм²;

σ_w - предел усталости при симметричном изгибе, кг/мм²;

γ - удельный вес, г/см³;

G - модуль сдвига поперечный, кг/мм².

Используя разработанные технологические процессы, для заданной программы выпуска - N = 300 изделий в год, определим затраты по вариантам (по структуре технологической себестоимости).

В качестве критерия оценки принята технологическая себестоимость, поскольку характер и вид техпроцесса (штамповка с последующей механообработкой) принципиально не меняется.

Как показал расчет, затраты на изготовление годовой программы детали "тяги" из сплава АК-8 превышают затраты на изготовление тех же деталей из ст. 30ХГСА на 4032 рубля. Если судить по этим данным, то применение АК-8 нецелесообразно, но не следует забывать, что

снижение веса изделия может привести и к снижению летных расходов, которые на данном этапе анализа не учитываются. Следовательно, расчет необходимо провести с учетом и эксплуатационных затрат, если деталь идет в конструкцию гражданского самолета.

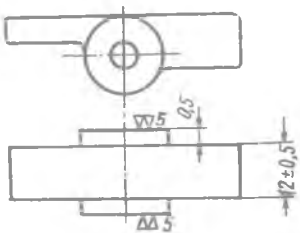
6. СОБЛЮДЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕКОМЕНДАЦИЙ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ САМОЛЕТНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Под технологичностью понимают такие свойства конструкции, которые при сохранении эксплуатационных качеств изделия обеспечивают в процессе производства изделия высокие производственные показатели.

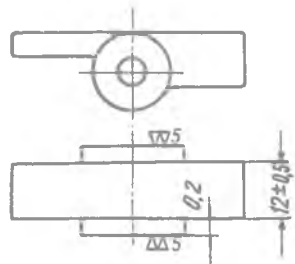
Нужно помнить, что при анализе технологичности проектируемой конструкции не всегда применим метод технико-экономического анализа, при котором на выбор конструктивного варианта решающее влияние оказывают расходы, определяемые способом производства и масштабом выпуска (годовыми программами). Это объясняется тем, что после выбора варианта приступают к конструктивной работе, при которой применяются методы чисто конструктивной доработки данной детали на технологичность.

Все эти особенности сведены в определенную систему [2]. Остановимся для иллюстрации на одном примере: "Высота бобышек должна быть больше допуска на штамповку, в противном случае невозможно обрабатывать бобышки на настроенном станке". Исходя из этого, рассмотрим два примера, из которых рекомендуется только один.

Нетехнологично



Технологично



Здесь видно, что подобная отработка конструкции на технологичность не зависит от масштаба производства, и выбор более технологичного варианта обеспечит меньшие затраты независимо от типа производства.

Таким образом, технологичность является эффективным средством снижения стоимости авиационного изделия.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Материалы XXIV съезда КПСС.
2. Е.П.Шкунов. Основы технологического членения конструкции самолета "Машиностроение", 1968.
3. "Сборочные и монтажные работы", под редакцией профессора Бойцова В.В. Оборонгиз, 1959.
4. "Технологичность конструкций", под редакцией профессора С.П.Ананьева и к.т.н. В.П.Купровича, М. 1959.
5. С.А.Тиллес. Экономика технологических процессов механической обработки, Машгиз, 1959.
6. Н.А.Фомин. Проектирование самолетов, Оборонгиз, 1961.
7. А.А.Бадягин, Е.А.Обвруцкий. Проектирование пассажирских самолетов с учетом экономики эксплуатации, "Машиностроение", 1964.
8. С.М.Егёр. Проектирование пассажирских реактивных самолетов, "Машиностроение", 1964.
9. Е.К.Смирницкий. Повышение экономической эффективности новых конструкций, Машгиз, 1961.

**Таблица показателей технологичности конструкций летательных аппаратов
и критериев экономической оценки вариантов конструкций по показателям**

№ п/п	Критерии экономической оценки вариантов конструкций по показателям технологичности летательных аппаратов	О с н о в н ы е				Вспомогательные						Примечание					
		трудоем- кость	длитель- ность цикла	себес- стоимо- сть	исполь- зование фондов	срок оку- пации	произ- вод- тель- ность труда	размер производ- ственной площади	величина фондов								
		T_i	β_i	ζ_i	λ_i	C_i	θ_i	ρ_i	i_i	Q_i	Z_i	P_i	F_i	f_i	G_i	q_i	
1		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
2																	19

1 Схема изделия

2 Геометрическая форма изделия

3 Схема членения изделия на агрегаты

4 Схема членения агрегатов на отсеки

5 Конструкция стыков

6 Схема панелирования агрегатов (отсеков)

7 Вид соединения панелей, узлов, деталей

8 Преемственность агрегатов (отсеков), узлов и деталей

I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

9. Унификация узлов, деталей и отдельных конструктивных элементов

10. Стандартизация и нормализация узлов, деталей и конструктивных элементов

11. Монолитность узлов

12. Взаимозаменяемость агрегатов (отсеков), панелей, узлов и деталей

13. Марки материалов с учетом их обрабатываемости и вида исходных заготовок

Приложение 2

Оперативное время на сверление дураламина по направляющим отверстиям сверлами углеводистой стали

Содержание работы:

1. Установить сверло в отверстие
2. Сверлить.
3. Ввести сверло из отверстия.
4. Перенести дрель на шаг до 50 мм.

Положение исполнителя	Пневмодрель Д-2										Пневмодрель Д-3										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Лусона	дiameter сверла в мм																				
в мм до:	4,1	5,1	6,1	7,1	8,1	9,1	10,1	10,5	125	4,5	5,5	6,5	7,5	8,5	9,5	10,5	11,5	12,5	13,5	14,5	
	Время на одно отверстие в мин.																				
12	0,066	0,095	0,130	0,166	0,202	0,230	0,267	0,367	0,442	0,569	0,672	0,072	0,117	0,152	0,210	0,230	0,278	0,414	0,497	0,639	0,752
14	0,084	0,130	0,174	0,223	0,278	0,305	0,508	0,612	0,708	0,831	0,091	0,142	0,190	0,245	0,305	0,356	0,474	0,560	0,674	0,778	0,910
16	0,091	0,142	0,190	0,245	0,305	0,334	0,611	0,736	0,940	1,090	0,114	0,164	0,207	0,265	0,334	0,433	0,465	0,662	0,797	1,017	1,186
20	0,114	0,164	0,207	0,265	0,334	0,433	0,844	1,094	1,274	1,562	0,157	0,207	0,253	0,353	0,465	0,496	0,890	1,171	1,449	1,749	2,049
22	0,157	0,207	0,253	0,353	0,465	0,496	1,007	1,356	1,656	2,006	0,173	0,236	0,297	0,378	0,465	0,527	0,948	1,202	1,456	1,710	2,006
24	0,173	0,236	0,297	0,378	0,465	0,527	1,007	1,356	1,656	2,006	0,181	0,262	0,316	0,426	0,496	0,592	1,007	1,202	1,456	1,710	2,006
26	0,181	0,262	0,316	0,426	0,496	0,592	1,007	1,356	1,656	2,006	0,220	0,276	0,350	0,453	0,527	0,623	1,007	1,202	1,456	1,710	2,006
28	0,220	0,276	0,350	0,453	0,527	0,623	1,007	1,356	1,656	2,006	0,230	0,308	0,391	0,480	0,592	0,688	1,007	1,202	1,456	1,710	2,006
30	0,230	0,308	0,391	0,480	0,592	0,688	1,007	1,356	1,656	2,006											

Сложное

Приложение 2 (продолжение)

I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	II
	12	0,083	0,119	0,163	0,208	0,252	0,458	0,557	0,711	0,879
	14	0,090	0,146	0,190	0,263	0,287	0,517	0,621	0,798	0,940
	16	0,105	0,163	0,218	0,279	0,348	0,635	0,765	0,885	1,038
	18	0,114	0,178	0,238	0,306	0,381	0,700	0,842	0,972	1,137
	20	0,143	0,205	0,250	0,332	0,418	0,763	0,920	1,175	1,237
	22	0,196	0,259	0,316	0,441	0,541	0,827	0,996	1,271	1,483
	24	0,216	0,295	0,371	0,473	0,581	1,055	1,073	1,367	1,593
	26	0,226	0,328	0,395	0,553	0,620	1,115	1,188	1,463	1,703
	28	0,275	0,345	0,438	0,566	0,659	1,183	1,415	1,561	1,811
	30	0,288	0,385	0,489	0,600	0,740	1,259	1,527	1,695	1,921

Стенное

При сверлении по разметке к указанному в таблице времени прибавлять 1 мин. на каждое отверстие 0,01 мин.

Приложение 2 (продолжение)

Оперативное время на рассверливание отверстий в дуралюмине сверлами из углеродистой стали

Содержание работы:

1. Установить сверло в отверстие.
2. Сверлить.
3. Вывести сверло из отверстия.
4. Перенести дрель на шаг до 50 мм.

Положение исполнителя	С диаметра 3,0 мм п/дрелью Д-2										С диаметра 5,1 мм дрелью Д-3										
	Глубина сверления		4		5		6		7		8		9		10		11		12		
	5,1	6,1	6,8	7,1	8,1	9,1	9,6	10,1	10,5	12,5	14,5										
I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12										
	0,083	0,123	0,130	0,168	0,190	0,330	0,374	0,455	0,515	0,610	0,690										
	0,101	0,138	0,146	0,190	0,215	0,374	0,467	0,510	0,584	0,690	0,770										
	0,110	0,154	0,209	0,212	0,234	0,467	0,519	0,626	0,723	0,850	0,965										
	0,124	0,170	0,230	0,234	0,292	0,519	0,571	0,686	0,793	0,965	1,117										
	0,149	0,186	0,246	0,255	0,320	0,621	0,621	0,752	0,862	1,033	1,170										
	0,201	0,250	0,264	0,341	0,450	0,810	0,810	0,810	1,033	1,170	1,296										
	0,229	0,273	0,312	0,366	0,450	0,845	0,845	0,845	1,110	1,296	1,385										
	0,255	0,273	0,312	0,366	0,450	0,910	0,910	0,967	1,187	1,385	1,490										
	0,270	0,341	0,358	0,441	0,513	0,960	0,960	0,967	1,187	1,385	1,490										
	0,301	0,381	0,396	0,467	0,577	0,960	0,960	0,967	1,187	1,385	1,490										

Свободное

Приложение 2 (продолжение)

I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	II
	12	0,103	0,154	0,162	0,191	0,237	0,412	0,497	0,633	0,762
	14	0,126	0,172	0,182	0,227	0,269	0,468	0,568	0,730	0,862
	16	0,137	0,192	0,261	0,255	0,330	0,524	0,638	0,817	0,961
	18	0,155	0,212	0,288	0,292	0,365	0,649	0,783	0,905	0,061
	20	0,186	0,232	0,308	0,319	0,400	0,714	0,857	0,991	1,207
	22	0,251	0,312	0,330	0,416	0,524	0,775	0,940	1,078	1,396
	24	0,286	0,340	0,390	0,447	0,562	0,876	1,012	1,294	1,463
	26	0,318	0,382	0,416	0,507	0,601	1,054	1,128	1,388	1,619
	28	0,337	0,426	0,448	0,541	0,641	1,138	1,209	1,485	1,741
	30	0,376	0,477	0,495	0,574	0,721	1,200	1,440	1,620	1,863

Среднее

Приложение 2 (продолжение)

Оперативное время на зенкование гнезд под потайные головки заклепок в дуралюмине с углом развала 90 и 120°

Содержание работы:

1. Установить зенковку в отверстие;
2. Зенковать;
3. Перенести дрель на шаг до 50 мм.

Положение исполнителя	Пневмодрель Д-2										Пневмодрель Д-3											
	4, I	5, I	6, I	7, I	8, I	9, I	10, 0	12, 0	14, 0	16, 0	18, 0	20, 0										
	Диаметр зенкуемого отверстия в мм																					
	Время на одно гнездо в мин																					
Свободное	0,027	0,033	0,037	0,040	0,043	0,046	0,10	0,14	0,18	0,22	0,26	0,30										
	58																					
Стенное	0,034	0,041	0,046	0,050	0,054	0,058	0,12	0,17	0,22	0,27	0,32	0,37										
	58																					

Продолжение 2 (продолжение)

Оперативное время на рядовую пряжу клепку

- Форма закладной головки
- Форма замыкающей головки
- Тип поддержки
- потайная
- плоская
- утрутная

Содержание работ:

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

Положение исполнителя	Установка инструмента	Материал заклепок	Т И П М О Л О Т К А									
			4 км	5 км	MS	7 км	8 км	9 км	9,5 км	10 км	Время на одну заклепку в мин.	
Сбоку	Д18 Д16-В65 Ст.15	Д18 Д16-В65 Ст.15	0,080	0,084	0,091	0,105	0,124	0,144	0,155	0,168		
			0,083	0,088	0,098	0,115	0,139	0,164	0,176	0,189		
			0,085	0,095	0,114	0,136	0,155	0,199	0,216	0,236		
Сверху	Д18 Д16-В65 Ст.15	Д18 Д16-В65 Ст.15	0,095	0,099	0,106	0,120	0,139	0,159	0,170	0,183		
			0,098	0,105	0,115	0,150	0,154	0,179	0,191	0,204		
			0,100	0,110	0,129	0,151	0,170	0,214	0,251	0,251		
Снизу	Д18 Д16-В65 Ст.15	Д18 Д16-В65 Ст.15	0,145	0,149	0,156	0,170	0,189	0,209	0,220	0,232		
			0,148	0,153	0,163	0,180	0,204	0,229	0,241	0,254		
			0,150	0,160	0,179	0,201	0,220	0,264	0,281	0,301		

Приложение 2 (продолжение)

I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Среднее	Сбоку	Д18	0,110	0,114	0,121	0,135	0,154	0,174	0,185	0,198
		Д16, Б65	0,113	0,118	0,128	0,145	0,169	0,194	0,206	0,219
		Ст. 15	0,115	0,125	0,144	0,166	0,185	0,229	0,246	0,266
	Сверху	Д18	0,120	0,124	0,131	0,145	0,164	0,184	0,195	0,208
		Д16, Б65	0,123	0,128	0,138	0,155	0,179	0,204	0,216	0,229
		Ст. 15	0,125	0,135	0,154	0,176	0,195	0,239	0,256	0,276
	Снизу	Д18	0,190	0,194	0,201	0,215	0,234	0,254	0,265	0,278
		Д16, Б65	0,193	0,198	0,208	0,225	0,249	0,274	0,286	0,299
		Ст. 15	0,195	0,205	0,224	0,245	0,265	0,309	0,326	0,346

Приложение 2 (продолжение)

Оперативное время на рядовую обратную потайную клепку

Форма закладной головки
 Форма замкашей головки
 Тип подержки

- потайная
 - плоская
 - упругая

Содержание работы:

1. Вставить заклепку в отверстие
2. Установить молоток на заклепку
3. Установить подержку на заклепку
4. Клепать
5. Перенести молоток на шаг до 50 мм

Исполнитель	Положение	Установка инструмента	Материал заклепок	Т И Д М О Д О Т К В							
				4	5	6	7	8	9	10	8КМ
				4	5	6	7	8	9	10	8КМ
				3,5	4	5	6	7	8	9	10
				Диаметр заклепок в мм							
				Время на одну заклепку в минуту							
Свободное	Сверху	Д18, Р65 Ст. 15	Д18	0,060	0,064	0,071	0,085	0,104	0,124	0,135	0,148
				0,063	0,068	0,078	0,095	0,119	0,144	0,156	0,169
				0,065	0,075	0,094	0,116	0,135	0,179	0,196	0,216
Свободное	Снизу	Д18, Р65 Ст. 15	Д18	0,070	0,074	0,081	0,095	0,114	0,134	0,145	0,158
				0,073	0,078	0,088	0,105	0,129	0,154	0,166	0,179
				0,075	0,085	0,104	0,126	0,145	0,189	0,206	0,226
Свободное	Сверху	Д18, Р65 Ст. 15	Д18	0,110	0,114	0,121	0,135	0,154	0,174	0,185	0,198
				0,113	0,118	0,128	0,145	0,169	0,194	0,206	0,219
				0,115	0,125	0,144	0,166	0,185	0,225	0,246	0,266

Приложение 2 (продолжение)

I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	II
Греченное	Сбоку	Д18	0,080	0,084	0,091	0,105	0,124	0,144	0,155	0,168
		Д16-Б65	0,083	0,088	0,098	0,115	0,139	0,164	0,176	0,189
		Ст. 15	0,085	0,095	0,114	0,136	0,155	0,199	0,216	0,236
	Сверху	Д18	0,085	0,089	0,096	0,110	0,129	0,149	0,160	0,173
		Д16-Б65	0,088	0,093	0,103	0,120	0,144	0,169	0,181	0,194
		Ст. 15	0,090	0,100	0,119	0,141	0,160	0,204	0,221	0,241
	Снизу	Д18	0,140	0,144	0,151	0,165	0,184	0,204	0,215	0,228
		Д16-Б65	0,143	0,148	0,158	0,175	0,199	0,224	0,236	0,249
		Ст. 15	0,145	0,155	0,174	0,196	0,215	0,259	0,276	0,296

Оперативное время на рядовую обратную потайную клепку

- Форма закладной головки - потайная
- Форма замкающей головки - плоская
- Тип поддержки - полужесткая

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 исполнителя	Установка инструмента	Материал заклепок	ТИП МОЛОТКА							
			4КМ	5КМ	МЗ	7КМ	8КМ			
			Диаметр заклепок в мм.							
			Время на одну заклепку в мин.							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Свободное	Сбоку	Д18	0,074	0,077	0,084	0,096	0,112	0,130	0,140	0,151
		Д16, В65	0,076	0,080	0,089	0,105	0,125	0,148	0,159	0,170
Свободное	Сверху	Ст. 15	0,078	0,087	0,104	0,123	0,140	0,179	0,194	0,211
		Д18	0,079	0,082	0,089	0,101	0,117	0,135	0,145	0,156
Свободное	Сверху	Д16, В65	0,081	0,085	0,094	0,110	0,130	0,153	0,164	0,175
		Ст. 15	0,083	0,092	0,109	0,128	0,145	0,184	0,199	0,216
Стесненное	Сбоку	Д18	0,084	0,087	0,094	0,106	0,122	0,140	0,150	0,161
		Д16+В65	0,086	0,090	0,099	0,115	0,135	0,158	0,169	0,180
Стесненное	Сверху	Ст. 15	0,088	0,097	0,114	0,133	0,150	0,189	0,204	0,221
		Д18	0,099	0,102	0,109	0,121	0,137	0,155	0,165	0,176
Стесненное	Сверху	Д16, В65	0,100	0,105	0,114	0,130	0,150	0,173	0,184	0,195
		0,103	0,112	0,129	0,148	0,165	0,204	0,219	0,236	

Приложение 2 (продолжение)

Оперативное время на рядовую обратную клепку в особо трудных условиях

- Форма закладной головки - потайная
 Форма замкавшей головки - плоская
 Тип поддержки - упругая

Содержание работы:

1. Взять заклепку и вставить в отверстие
2. Установить поддержку на отверстие заклепки
3. Установить молоток на заклепку

4. Клепать
5. Перенести молоток на шаг до 50 мм

У с л о в и я	к л е п к и	Категория заклепок	Т и п м о л о т к а						
			4 км	5 км	МЗ	7 км			
			Диаметр заклепок в мм						
			5,5+4	5	6	7	7	8	8
			Время на одну заклепку в мин.						
1			3	4	5	6	6	7	
2									

Общение исполнителей во время работы (для всех

случаев) затрудненное

Положение основного или подручного исполнителя

1. Сиди или стои внутри агрегата, откинувшись назад и запрокинув голову.

Диаметр агрегата	Диаметр заклепки	Время на одну заклепку в мин.
Д16	0,17	0,19
В65	0,15	0,21
2. Стоя на стрелянке около или под агрегатом, согнувшись внутри агрегата. Поддержка удлинненная, облегченной конструкции, устанавливается через отверстие диаметром 100 мм и выше.

Диаметр агрегата	Диаметр заклепки	Время на одну заклепку в мин.
Д18	0,16	0,20
	0,14	0,22
3. Лежа на боку внутри агрегата, с согнутыми ногами вне агрегата.

Приложение 2 (продолжение)

I	2	3	4	5	6	7
<p><u>Общение исполнителей во время работы затрудненное для обоих случаев</u></p>						
<p><u>Положение основного или подручного исполнителя:</u></p>						
<p>1. Лежа в тоннеле, лазе, люке и т.п. диаметром или шириной не более 350 мм на животе или на боку, вытянувши руки вперед; изменение положения затруднено.</p>	Д16 В65	0,31	0,33	0,35	-	-
<p>2. Лежа в агрегате с опорой на один локоть, вытянувши руки на уровне плеч. Изменение положения затруднено.</p>	Д16 В65	0,23	0,25	0,27	-	-
<p><u>Положение основного и подручного исполнителя свободно и стоя согнувшись</u></p>	Ст.15	0,26	0,28	0,30	-	-
<p><u>Конструкция поддежки - удлиненная, прямая или изогнутая длиной от 600 до 800 мм</u></p>	Д16	0,23	0,25	0,27	-	-
<p><u>Место установки поддежки / на опупь /:</u></p>	-В65 Ст.15	0,26	0,28	0,30	-	-
<p>1. Через несколько отверстий облегчения.</p>						
<p>2. Через люки или под обшивку.</p>						

Приложение 2 (продолжение)

Оперативное время клепки на переносных пневматических прессах-скобах

Содержание работы:

1. Установить скобу на заклепку
2. Клепать.
3. Перенести скобу на шаг до 500 мм

	Тип прессы (скобы)					
	КП-106, 107, 110	1	КП-101, 102, 103	1	КП-201, 202, 203	1
Материал заклепок	30	1	30	1	30	1
Диаметр	3	1	4	1	6	1
	-	3	5	1	5	1
Сталь	0,033	1	0,033	1	0,050	1

Учитывать время на вставку заклепок. Время на перемещение скобы свыше 50 мм. брать из такого условия:

Расстояние в мм	0,5	1,0	2,0	3,0
Время в мин.	0,10	0,20	0,30	0,40

Табличное вспомогательное время рассчитано для подвешенных прессов-скоб на подвесках - балансирах.

Приложение 2 (продолжение)

Оперативное время на групповую кленку двухрядных заклепок на стационарных прессах

Содержание работы:

1. Установить головки заклепок на обжимку.
2. Кленать.
3. Переместить деталь на расстояние крайних заклепок.

Тип пресса	Число рабочих ходов	Диаметр заклепок в мм	Количество одновременно расклепываемых заклепок	Время на указанное количество заклепок, мин.	Время на одну заклепку в мин.
КП-302	20	3,5	6	0,050	0,008
		4,0	5		0,010
		5,0	3		0,017
		6,0	2		0,025
КП-501	15	5	10	0,067	0,006
		6	8		0,008
		7	6		0,011
		8	4		0,017

Учитывать время на вставку заклепок.

При групповой кленке на указанных прессах расстояние между крайними заклепками не должно превышать 200 мм.

При групповой кленке заклепок двухрядных швов расстояние между крайними заклепками остается то же, т.е. 200 мм.

Приложение 2 (продолжение)

Вспомогательное время на вставку и заклепку
заклепок

Наименование приема	Длина ленты в м.	Время в мин.
<u>Вставить заклепку в отверстие сверху</u> <u>предварительно:</u>		
Простой шов,	-	0,015
Герметический шов	-	0,025
<u>Вставить заклепку снизу во время работы:</u>		
Простой шов,	-	0,03
Герметический шов	-	0,04
<u>Заклеить головки заклепок клеевой лентой</u>		
	0,5	0,30
	1,0	0,50
	2,0	0,90
	3,0	1,40
	4,0	1,80
	5,0	2,20
	6,0	2,60
	7,0	3,00
	8,0	3,40
	9,0	3,80
	10,0	4,20

Приложение 2 (продолжение)

Оперативное время клепки (одиночная) на стационарных прессах

Содержание работы:

1. Установить головку заклепки на обжимку.
2. Клепать.
3. Переместить деталь на шаг до 50 мм.

Материал	Вертикальный пресс						Горизонт пресс
	Тип пресса						
Пресс	РММ - 400 РММ - 4	ПГ-12	ПГ-5	МП-204	СР-450 СР-2А	Р М-30, 32	К6-14
16	20			25	30		36
				Число рабочих ходов в мин.			
				Диаметр заклепок в мм			
Дуралюмин	3+8	3+10	2,6+5	3+6	2,6+5	2,6+4	3+9,5
Сталь	2+6	3+8	2,6+4	3+5	2,6+4	2,6+3	3+8
				Время на одну заклепку в мин.			
	0,063	0,50			0,040	0,033	0,070

Учитывать время на вставку заклепок. При вставке заклепок во время работы снизу прибавить время, указанное в предыдущей таблице.

Приложение 2 (продолжение)

Оперативное время на клепку на прессе КП-602 при расстоянии между штампами свыше 250 мм, число ходов пресса в минуту — 8

Содержание работы:

1. Установить детали заклепки на нижний штамп пресса.
2. Включить прессо.
3. Клепать.
4. Переместить раму с деталью или головку пресса для очередной клепки.

Расстояние горизонтально по направлению движения рамы	Количество одновременно расклепываемых заклепок										
	1	2	3	5	10	16	24	36	Время на одну заклепку, в мин.		
200	Рамы	0,300	0,150	0,100	0,060	0,030	0,019	0,013	0,009		
	головки пресса	0,327	0,163	0,103	0,065	0,033	0,021	0,014	0,010		
500	Рамы	0,360	0,180	0,120	0,072	0,036	0,023	0,015	0,010		
	головки прессов	0,426	0,213	0,142	0,085	0,043	0,027	0,018	0,012		
1500	Рамы	0,410	0,205	0,136	0,082	0,041	0,026	0,017	0,012		
	головки пресса	0,560	0,280	0,186	0,112	0,056	0,035	0,023	0,016		
5000	Рамы	0,460	0,230	0,153	0,092	0,046	0,029	0,020	0,013		
	головки пресса	0,860	0,430	0,286	0,172	0,086	0,054	0,036	0,024		
5000	Рама	-	0,500	0,200	0,120	0,060	0,037	0,025	0,017		
10000	Рама	-	-	0,250	0,150	0,076	0,048	0,032	0,021		

Приложение 2 (продолжение)

Определяющее время, связанное с клеевой группой заклепок или одной заклепки за один рабочий ход на прессах: КЛ-403, КЛ-405, КЛ-501А, КЛ-503, КЛ-30-1

Содержание работы:

1. Вставить заклепки.
2. Установить деталь или узел с заклепками на нижний штамп прессы.
3. Включить пресс.
4. Клепать.
5. Переместить деталь (узел) для очередной клепки по ролямгангу или вместе с рамой.

Расстояние перемещения детали или узла в мм	Количество одновременно устанавливаемых заклепок											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Время в минутах на указанное количество заклепок												
200	0,12	0,14	0,16	0,20	0,24	0,30	0,36	0,42	0,49	-	-	-
1000	0,15	0,17	0,19	0,23	0,27	0,33	0,39	0,45	0,52	0,69	1	2
3000	0,21	0,23	0,25	0,29	0,33	0,39	0,45	0,51	0,58	0,75	1	1
5000	-	0,29	0,31	0,35	0,39	0,45	0,51	0,57	0,64	0,81	-	-
8000	-	-	-	0,44	0,48	0,54	0,60	0,66	0,73	0,90	-	-

Приложение 3

Таблицы норм времени на сверление, рассверливание и разделку отверстий, установку болтов и винтов и выполнение отдельных элементов и приемов см. в "Нормативах времени на узловую и агрегатную сборку изделий в серийном производстве". 1965, стр. 104, 106, 157, 158, 161, 171.

Приложение 4

УКРУПНЕННЫЕ НОРМАТИВЫ
для расчета себестоимости 1 кг обрубленного литья

№ п	Виды литья	Способ изготовления	Сложность отливки	Вес отливки	Трудо-емкость н/час на 1кг литья	Сред-ний разряд рабоч.	Общий коэфф. исполъ зов. металла	Проц. цех. накл. рас-ходов		
1	2	3	4	5	6	7	8	9		
	Алюминиевое В землю машин. формовка		Средняя	до 1 кг	2,6	5,0	0,8	380		
				1 - 2 кг	2,1	5,1	0,8	380		
				2 - 5 кг	1,5	5,2	0,8	380		
				5 - 10 кг	1,1	5,3	0,8	380		
				10 - 30 кг	0,8	5,5	0,8	380		
				Повышен.	свыше					
					30 кг	0,55	5,7	0,8	380	
					до 1 кг	3,2	5,3	0,8	380	
					1 - 2 кг	2,5	5,4	0,8	380	
					2 - 5 кг	1,8	5,5	0,8	380	
			5 - 10 кг	1,3	5,6	0,8	380			
			10-30 кг	1,0	5,8	0,8	380			
			свыше							
			30 кг	0,7	6,0	0,8	380			

2	3	4	5	6	7	8	9	
В кокиль, с металл. стержнем	Средняя	до 0,5 кг	1,15	4,7	0,82	350		
		0,5 - 1 кг	0,85	4,7	0,82	350		
		1 - 2 кг	0,7	4,7	0,82	350		
		2 - 5 кг	0,55	4,8	0,82	350		
	Повышен.	до 0,5 кг	1,3	4,9	0,82	350		
		0,5 - 1 кг	1,1	4,9	0,82	350		
		1 - 2 кг	0,85	4,9	0,82	350		
		2 - 5 кг	0,65	5,0	0,82	350		
	В кокиль, с песчан. стержн.	1 - 2 кг	1,5	4,8	0,82	350		
		2 - 5 кг	1,2	4,8	0,82	350		
Магнитное В землю	Средняя	до 1 кг	6	5,0	0,57	500		
		1 - 2 кг	5	5,1	0,57	500		
		2 - 5 кг	3,5	5,2	0,57	500		
		5 - 10 кг	2,8	5,2	0,57	500		
	Повышен.	10 - 30 кг	2,2	5,4	0,57	500		
		свыше 30 кг	1,8	5,5	0,57	500		
		до 1 кг	7,5	5,3	0,57	500		
		1 - 2 кг	6	5,4	0,57	500		
		2 - 5 кг	5	5,5	0,57	500		
		5 - 10 кг	3,5	5,5	0,57	500		
		10 - 30 кг	2,8	5,7	0,57	500		
		свыше 30 кг	2,2	5,8	0,57	500		
		В кокиль	Средн.	до 0,5 кг	4,5	4,7	0,59	440
				0,5 - 1 кг	3,6	4,7	0,59	440
1 - 2 кг	3			4,8	0,59	440		
2 - 5 кг	2,4			4,8	0,59	440		
Повышен.	до 0,5 кг		5,5	4,9	0,59	440		
	0,5 - 1 кг		4,3	4,9	0,59	440		
	1 - 2 кг		3,6	5,0	0,59	440		
	2 - 5 кг		2,9	5,0	0,59	440		

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Стальное литье и спецспла- вы	Точное литье по выплав- ляемым моделям	Средняя	до 100	гр	3,2	5,5	0,82	550
			100-200	гр	2,5	5,5	0,82	550
			200-500	гр	1,9	5,5	0,82	550
			500 - I	кг	1,5	5,5	0,82	550
	Повышен.	до 100	гр	3,8	5,8	0,82	550	
		100-200	гр	3,0	5,8	0,82	550	
		200-500	гр	2,1	5,8	0,82	550	
		500- I	кг	1,8	5,8	0,82	550	

ПРИМЕЧАНИЕ. Допуски на размеры литых деталей из цветных сплавов по нормам Министерства 56-15 (АН 1026-55)

Приложение 5

УКРУПНЕННЫЕ НОРМАТИВЫ

Для расчета себестоимости 1 кг стальных поковок

Способ изготовления	Группа деталей	Сложность	Вес заготовок	Трудоемкость в н/ч. на 1 кг поковок	Средн. разряд рабоч.	Процент потерь к весу поковок	Процент цеховых расходов			
1	2	3	4	5	6	7	8	9		
I Горячая штамповка	Детали тела вращения: диски, втулки, шестерни, кольца, обоймы	Средн.	до 0,5 кг	0,08	4, I	По дискам и шестерням 12 по остальным 18	600			
			0,5 - I кг	0,06	4, I		600			
			I - 3 кг	0,045	4, I		600			
			3 - 5 кг	0,04	4, I		600			
			5 - 10 кг	0,03	4, I		600			
			10 - 30 кг	0,02	4, I		600			
			свыше							
			30 кг	0,014	4, I					
			Повыш.	до 0,5 кг	0,11		4,3	600		
				0,5 - I кг	0,8		4,3	600		
				I - 3 кг	0,075		4,3	600		
				3 - 5 кг	0,06		4,3	600		
				5 - 10 кг	0,035		4,3	600		
				10 - 30 кг	0,025		4,3	600		
свыше										
30 кг	0,016	4,3								
Фланцы	Средн.	до 0,5 кг	0,08	4, I	20	600				
		0,5 - I кг	0,6	4, I	18	600				
		I - 3 кг	0,045	4, I	16	600				
		Повыш.	до 0,5 кг	0,11	4,3	32	600			
			0,5 - I кг	0,08	4,3	28	600			
			I - 3	0,075	4,3	24	600			
			Рычаги, ключи, вилки	Средн.	до 0,5 кг	0,2	4,4	35	600	
0,5 - I кг	0,15	4,4			30	600				
Повыш.	Средн.	0,5 - I кг	0,3	4,6	45	600				
		0,5 - I кг	0,23	4,6	38	600				
Тройники, угольники	Повыш.		0,4	4,6	35	600				
			0,25	4,7	15	700				
Лопатки турбины										

I	2	3	4	5	6	7	8	9
		Лопатки компрес сорные	Норм. припуск +)		0,35	4,7	20	700
			Уменьшен- ный при- пуск ++)		0,7	4,7	20	700
II.	Свободная ковка	Диски		до 5 кг свыше	0,06	4,3	6	380
				5 кг	0,04	4,3	6	380
		Валы	Средн.	свыше				
				30кг	0,03	4,3	5	380
			Повыш.	- " -	0,06	4,5	10	380
		Втулки	Средн.	свыше				
				15 кг	0,03	4,3	7	380
			Повыш.	- " -	0,06	4,6	10	380
		Кольца и флан- цы	Средн.	до 5 кг	0,09	4,5	13	380
				5-10 кг	0,07	4,5	11	380
			свыше	10 кг	0,06	4,5	9	380
				10 кг	0,06	4,5	9	380
			Повыш.	до 5 кг	0,12	4,8	18	380
				5 - 10 кг	0,09	4,8	15	380
				свыше				
				10 кг	0,07	4,8	13	380
		Пластинны		до 1 кг	0,15	4,3	5	380
				1 - 3 кг	0,12	4,3	4	380
		Плоские Фигурные поковки		*1 - 3 кг	0,2	4,8	16	380
III.	Высадна	Валы, шестерни, болты, втулки, кольца			0,05	4,3	6	700
					0,1	4,3	10	
IV.	Изготов- ление методом истечения	Шестерни конические			0,2	4,3	5	600

ПРИМЕЧАНИЕ. Допуск на горячую штамповку по нормам Министе- рства 555-57 (АН-1032-54).

Допуски на свободную ковку по ГОСТ'у 7829-55

+) свыше 1 мм на сторону
++) менее 1 мм на сторону

О Г Л А В Л Е Н И Е

1. Содержание экономического обоснования проектируемой конструкции.	3
2. Техничко-экономическая оценка влияния веса летательного аппарата (самолета) на его экономичность:	6
а) оценка влияния качества силовой установки на экономичность самолета.	6
б) выбор числа двигателей на проектируемом самолете.	8
в) оценка влияния аэродинамического совершенства самолета на его экономичность (по крылу).	II
3. Техничко-экономическая оценка влияния членения агрегатов (фюзеляж, корпус, мотогондола) на экономичность летательного аппарата:	12
а) обоснование выбора вариантов конструкций стыков	12
б) обоснование выбора наиболее рациональных схем панелирования агрегатов (отсеков).	21
4. Определение степени монолитности проектируемых узлов.	38
5. Выбор материала (с учетом его обрабатываемости и вида исходных заготовок).	46
6. Соблюдение технологических рекомендаций при проектировании самолетных конструкций.	50
7. Рекомендуемая литература.	51
8. Приложения.	52

АЛЕКСЕЙ АНДРЕЕВИЧ МАКАРОВ

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ
ПРОЕКТИРУЕМЫХ КОНСТРУКЦИЙ ИЗДЕЛИЙ

Методическое пособие

Редактор А.И.Кондратьева

Техн.редактор Н.М.Каленюк

Корректор Л.В.Сидорова

Подписано в печать 10.У. 1971 г. Б0 05287
Формат 60/84 1/16. Объем 5 печ.л. Тираж 600 экз.

Цена 25 коп.

Куйбышевский авиационный институт им. С.П.Королева,
Куйбышев, ул. Молодогвардейская, 151.

РПЦ тип. им. Мяги, Куйбышев ул. Венцека, 60. Заказ № 7/85