

Министерство высшего и среднего специального
образования РСФСР

Куйбышевский ордена Трудового Красного Знамени
авиационный институт имени академика С.П.Королева

АЛЬБОМ ЧАСТНЫХ ПРИМЕРОВ ЭКОНОМИЧЕСКОГО ОБОСНОВАНИЯ
КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ
В ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТАХ

Учебное пособие

Куйбышев 1988

Авторы: А.А.Макаров, Н.И.Моренков,
А.Н.Викторова, С.В.Ермолаев

УДК 629.7.063.6(075)

Альбом частных примеров экономического обоснования конструктивно-технологических решений в летательных аппаратах: Учебное пособие /А.А.Макаров, Н.И.Моренков, А.Н.Викторова, С.В.Ермолаев; Куйб.авиацион-т.Куйбышев, 1988, с. 64.

В учебном пособии приводится разработанный комплекс примеров экономического обоснования конструктивно-технологических решений в летательных аппаратах. Непосредственно примерам предшествует глава, в которой в краткой форме рассматриваются существующие в настоящее время теоретические методы по вопросам экономической оценки новой техники.

Пособие рассчитано на студентов конструкторских и технологических специальностей и преподавателей, ведущих консультирование дипломных проектов по вопросам определения экономической эффективности технических разработок.

Ил. 6. Табл. 17. Библиогр. - 7 назв.

Печатается по решению редакционно-издательского совета Куйбышевского ордена Трудового Красного Знамени авиационного института имени академика С.П.Королева

Под редакцией канд.экон.наук. доц. А.А.Макарова

Рецензенты: канд.техн.наук. доц. В.Г.З а с к а н о в,
канд.техн.наук. доц. О.Н.К о р о л ь к о в

В В Е Д Е Н И Е

Настоящий альбом типовых примеров экономического обоснования ряда конструктивно-технологических решений в летательных аппаратах создан в помощь дипломникам факультета № I.

Предпосылкой для создания данного пособия явились трудности, ежегодно встающие перед дипломником и консультантом и обусловленные, как правило, отсутствием сравнительного примера или неполнотой справочных и нормативных данных.

В условиях постоянного поиска путей повышения качества подготовки специалистов дипломному проектированию отводится все более важная роль.

Выбор наиболее прогрессивного технического решения невозможен без всестороннего анализа конкурирующих вариантов. Эффективность разработки, в конечном итоге, определяется степенью ее соответствия целевому назначению (целевой отдаче). Под разработкой в данном случае понимается проектирование летательного аппарата в целом, его агрегата, узла и детали, разработка технологического процесса и проектирование приспособления или другого вида оснащения.

В процессе выявления преимуществ рассматриваемых вариантов проводится анализ:

взаимодействия целей и результатов (чисто технических, народнохозяйственных, социально-экономических и т.п.);

способов и технических средств достижения целей (конкретных конструкций, технологий, средств оснащения процессов, организационных форм и т.п.);

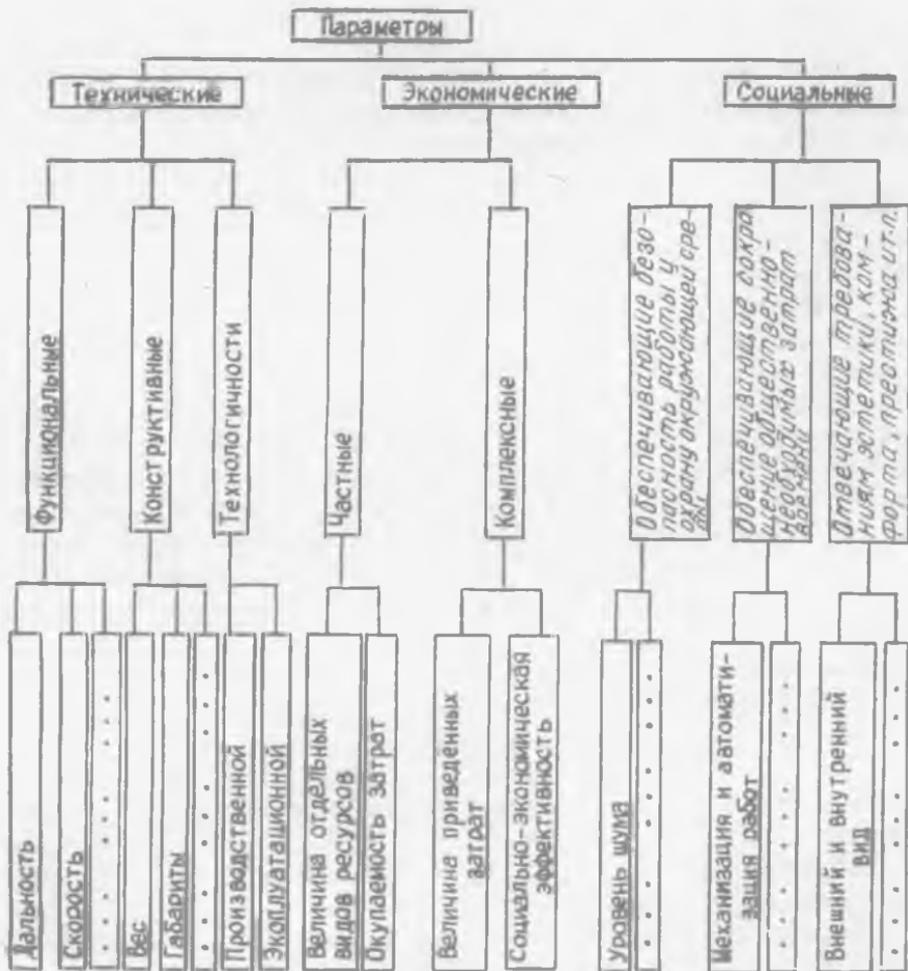
потребных ресурсов (денежного выражения общественно необходимых затрат труда, временных параметров).

Каждое техническое решение характеризуется сочетанием определенных свойств, перечень которых по отношению к конкретным случаям величина переменная.

Этот комплекс свойств можно дать в виде схемы параметров.

Из параметрической схемы видно, что сопоставление конкурирующих вариантов связано со многими объективными трудностями, вытекающими из сложности структурных построений объекта, множества связей, сложности и длительности жизненного цикла объекта и других особенностей.

Каждый из названных выше параметров может быть принят в качестве самостоятельного критерия оценки эффективности технического



решения (монокритериальная постановка и решение задачи), а также в сочетании с другими параметрами (поликритериальная оценка).

Не задаваясь специальной целью определения выбора количества и качества критериев оценки технологических решений, отметим, что на наш взгляд наиболее сложной задачей является сам расчет экономических параметров по конкурирующим вариантам:

Дело в том, что процесс расчета стоимостных параметров новой техники, принимаемых во многих случаях в качестве критериев оценки, весьма проблематичен. Проблематичность – не в технике самого расчета, не в конструкционных построениях математического аппарата

модели критерия, а в достоверности исходных данных и объективности используемых экономических зависимостей. Стремление укрупнить исходные данные резко снижает точность расчетов и, соответственно, объективность обоснований.

Предлагаемый ниже комплекс разработанных примеров преследует ряд целей:

показать методику экономических обоснований тех или иных технических решений, их объем, содержание и последовательность;

использовать указанные примеры в качестве аналогий при отсутствии достаточного количества справочных, нормативных и методических материалов;

приблизить, по возможности, дипломное проектирование по этому разделу к реальным условиям;

ввести определенное единообразие написания экономико-организационного раздела пояснительных записок к дипломному проекту.

В написании учебного пособия приняли участие:

кандидат экономических наук, доцент А.А.Макаров (введение, гл.1, вступление к гл.2, разделы 3.1.1; 3.1.2 ; 3.2.1; 3.2.2);

кандидат технических наук, доцент Н.И.Моренков (разделы 2.1.1; 2.2.1);

старший преподаватель А.Н.Викторова (разделы 2.2.2; 2.3.1);

ассистент С.В.Ермолаев (раздел 2.3.2).

Поскольку в практике работы кафедры это первый труд подобного рода, в будущем комплекс примеров будет значительно дополнен и охватит различные области создания и эксплуатации авиационной техники.

І. ВЫБОР МЕТОДА ЭКОНОМИЧЕСКОГО ОБОСНОВАНИЯ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ В ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТАХ

Экономическая эффективность любого технического, организационного или социально-экономического решения характеризуется "...суммарной экономией всех производственных ресурсов (живого труда, материалов, капитальных вложений), которую получает народное хозяйство в результате производства и использования новой техники и которая, в конечном итоге, выражается в увеличении национального дохода" [1] .

Обычно экономический эффект определяется методом сопоставления приведенных затрат по базовой и новой технике. Приведенные затраты представляют собой сумму себестоимости и нормативной прибыли:

$$З = C + E_n \cdot K,$$

- где Z - приведенные затраты на единицу продукции (работы), руб;
 C - себестоимость единицы продукции (работы), руб;
 K - удельные капитальные вложения в производственные фонды, руб.;
 E_n - нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений (0,15).

При определении экономического эффекта должна быть обеспечена сопоставимость сравниваемых вариантов новой и базовой техники по объему производимой с помощью новой техники продукции (работы); качественным параметрам; фактору времени; социальным факторам производства и использования продукции, включая влияние на окружающую среду.

$$\mathcal{E} = (Z_1 - Z_2) \cdot A_r,$$

- где \mathcal{E} - годовой экономический эффект, руб.;
 Z_1 и Z_2 - приведенные затраты на единицу продукции (работы), производимой с помощью базовой и новой техники, руб.;
 A_r - годовой объем производства продукции (работы) с помощью новой техники в расчетном году, в натуральных единицах.

Следует отметить, что выбор базового варианта не всегда возможен. В таких случаях необходимо рассмотреть и сопоставить несколько проектных вариантов новой техники, один из которых может быть принят в качестве базового.

В практике (особенно в области чисто технических расчетов и обоснований) широко распространен и сопоставительный метод, при котором оптимальный вариант выбирается по величине относительного коэффициента.

Под относительным технико-экономическим коэффициентом понимается число, показывающее отношение определенных параметров, характеризующих сравниваемые варианты попарно. По величине относительного коэффициента судят об оптимальности того или иного варианта. Так, если величина относительного коэффициента больше единицы, то наилучшим вариантом будет тот, значение параметра которого поставлено в знаменатель и наоборот.

Таким образом, можно сказать, что существует два метода экономических обоснований технических, организационных и социально-экономических мероприятий:

метод абсолютных величин (в руб.);

метод относительных соотношений (в том числе в %).

Понятно, что каждый из этих методов является основой разнообразных частных методик, учитывающих специфику самих предприятий (научная разработка, конструкторская работа, технология, организационное предложение и т.п.), вид техники (самолет, двигатель, прибор, агрегат и т.п.), этап ее создания (проектирование, изготовление, эксплуатация, модернизация и т.д.), степень точности самих расчетов и прочее.

Приведем некоторые наиболее типичные методики экономического обоснования тех или иных разработок.

1.1. Метод абсолютных величин

1.1.1. Расчет годового экономического эффекта от производства и использования новых средств труда долговременного применения (машина, оборудование, приборы и т.п.) с улучшенными качественными характеристиками (производительность, долговечность, издержки эксплуатации и т.д.) [1]

$$\mathcal{E} = \left[Z_1 \cdot \frac{B_2}{B_1} \cdot \frac{P_1 + E_H}{P_2 + E_H} + \frac{(I_1' - I_2') - E_H (K_2' - K_1')}{P_2 + E_H} - Z_2 \right] A_{г, руб.}$$

где Z_1 и Z_2 - приведенные затраты на единицу базового и нового средств труда, руб.;

$$\frac{B_2}{B_1}$$

- коэффициент учета роста производительности на единицу нового средства труда по сравнению с базовым;

B_1 и B_2 -

годовые объемы продукции (работы), производимые при использовании единицы базового и нового средств труда, в натуральных единицах;

$$\frac{P_1 + E_H}{P_2 + E_H}$$

- коэффициент учета изменения срока службы нового средства труда по сравнению с базовым;

P_1 и P_2 -

доли отчислений от балансовой стоимости на полное восстановление (реновацию) базового и нового средств труда;

$$P = \frac{E}{(1+E)T_c - 1} \quad (\text{табл. I}),$$

где T_c - срок службы техники, лет;

E - норматив приведения (0,1);

Т а б л и ц а I.I

T_c	P	T_c	P	T_c	P	T_c	P
1	1,0000	6	0,1296	11	0,0540	20	0,0175
2	0,4762	7	0,1054	12	0,0468	25	0,0102
3	0,3021	8	0,0874	13	0,0408	30	0,0061
4	0,2155	9	0,0736	14	0,0357	40	0,00226
5	0,1688	10	0,0627	15	0,0315	50	0,00086

$$\frac{(H_1' - H_2') - E_H(K_2' - K_1')}{P_2 + E_H}$$

- экономика потребителя на текущих издержках эксплуатации и отчислениях от сопутствующих капитальных вложений за весь срок службы нового средства труда по сравнению с базовым, руб.;

K_1' и K_2' -

сопутствующие капитальные вложения потребителя (капитальные вложения без учета стоимости рассматриваемых средств труда) при использовании базового и нового средств труда в расчете на объем продукции (работы), производимой с помощью нового средства труда, руб.;

H_1' и H_2' -

годовые эксплуатационные издержки потребителя при ис-

пользовании им базового и нового средств труда в расчете на объем продукции (работы), производимой с помощью нового средства труда, руб. В этих издержках учитываются амортизационные отчисления, предназначенные на капитальный ремонт средств труда (без учета средств на их реновацию), а также амортизационные отчисления по сопутствующим капитальным вложениям потребителя.

1.1.2. Расчет себестоимости перевозок для пассажирских и транспортных самолетов [2]

$$Q = \frac{100 A}{K_{ком} \cdot \pi_{ком} \cdot v_{рейс}}$$

- где Q - себестоимость перевозок, коп/т км;
 A - расходы на эксплуатацию самолета в течение летного часа, руб/ч;
 $K_{ком}$ - коэффициент коммерческой нагрузки, учитывающий среднегодовую неполную загрузку самолета из-за сезонности перевозок (табл.1.2);

Т а б л и ц а 1.2

Тип самолета	Магистральный		Местных авиалиний	Легкий многоцелевой (количество пассажиров ≤ 6 чел.)
	дозвуковой	сверхзвуковой		
$K_{ком}$	0,58	0,65	0,65	0,75

$\pi_{ком}$ - коммерческая нагрузка, соответствующая данной дальности полета, т;

$v_{рейс}$ - рейсовая скорость самолета, км/ч.

$$A = A_{ас} + A_{дв} + A_{тос} + A_{тод} + A_T + A_{уп} + B_{ап}, \text{ руб.}$$

- где $A_{ас}$ - расходы на амортизацию самолета, руб/ч;
 $A_{дв}$ - расходы на амортизацию двигателей, руб/ч;
 $A_{тос}$ - расходы на текущий ремонт и техническое обслуживание самолета, руб/ч;
 $A_{тод}$ - расходы на текущий ремонт и техническое обслуживание двигателей, руб/ч.

A_T - стоимость расходуемого топлива и смазочных материалов, руб/ч;

$A_{з.п.}$ - заработная плата экипажа с начислениями, руб/ч;

$B_{а.п.}$ - косвенные ("аэропортовые") расходы, учитывающие затраты на содержание аэропортов и различных административно-технических служб авиакомпании.

В работе [2] предлагается методика расчета приведенных затрат относительно одного самолета:

$$A_{пр} = A + a_{кап.вл.}, \text{ коп/т км,}$$

где $a_{кап.вл.}$ - приведенные капиталовложения.

$$a_{кап.вл.} = \frac{100 E_H (1,05 C_c + 1,03 C_{дв} N_{дв} \cdot B)}{K_{ком} \cdot T_{ком} \cdot V_{рейс} \cdot B_{год}}, \text{ коп/т км,}$$

где E_H - нормативный коэффициент эффективности капиталовложений (0,12);

C_c - стоимость самолета, руб.;

$C_{дв}$ - стоимость двигателя, руб.;

$N_{дв}$ - число двигателей, установленных на самолете;

B - отношение числа двигателей, предназначенных для эксплуатации самолета с учетом замен, к числу двигателей, установленных на самолете.

$$B = 1,17 + 0,29 B_{год} \frac{1}{t_{дв}},$$

где $B_{год}$ - налет часов на самолет в год;

$t_{дв}$ - срок службы двигателя между капитальными ремонтами, ч.

$$B_{год} = K_6 \frac{L_{расч}}{L_{расч} + K_7 \cdot V_{рейс}}, \%$$

где $L_{расч}$ - расчетная дальность полета для проектируемого самолета, км;

K_6 и K_7 - поправочные коэффициенты, значения которых для разных условий следующие (табл. I.3).

Расчет величины $a_{кап.вл.}$ обеспечивает комплексность обоснования и подтверждает положение, что при минимальных затратах не может быть обеспечена максимальная эффективность.

Т а б л и ц а I.3

Тип самолета	Магистральный		Местных авиалиний	Легкий многоцелевой (количество пассажиров ≤ 6 чел.)
	дозвуковой	сверхзвуковой		
K_6	2700	2700	2600	2000
K_7	0,42	0,42	0,53	0,61

I.1.3. Расчет затрат на наземный комплекс [3]

Затраты по наземному комплексу (аэропорту) учитываются в себестоимости одного летного часа самолета по статье "косвенные (аэропортовые) эксплуатационные расходы", а в стоимости одного летного часа - через себестоимость летного часа и величину приведенных капитальных вложений.

Современный наземный комплекс - сложная система инженерных сооружений, обеспечивающая взлет и посадку самолетов, регулирование их полетов в районе аэродрома, техническое обслуживание на земле, обслуживание пассажиров, прием и отправку грузов и почты и другие операции, связанные с обеспечением воздушно-транспортной работы.

Стоимость наземного комплекса укрупненно можно представить в виде суммы стоимостей входящих в него подсистем, основные из которых: аэродром, служба управления воздушным движением; служба авиатопливообеспечения; авиационно-техническая база; комплекс перевозок.

Аэродром представляет собой главный элемент наземного комплекса, непосредственно предназначенный для обеспечения взлета, посадки и оборудованный для руления, размещения и обслуживания самолетов. Конструкции аэродромных покрытий достаточно сложны, многообразны и зависят от категории нормативной нагрузки (табл. I.4).

Затраты на строительство аэродромных покрытий укрупненно можно представить в виде

$$C_{\text{аэр}} = C_{\text{впп}} + C_{\text{покр.}}$$

Таблица 1.4

Категория нормативной нагрузки	Величина нормативной нагрузки на условную опору	Давление в пневматиках	Тип опоры
I	70	10	Четырехколесная
II	55	10	
III	40	10	
IV	30	10	Одноколесная
V	8	6	
VI	5	4	

$$P_0 = \frac{G_0 \cdot y}{n_{\text{оп}}} \quad \text{— нормативная нагрузка;}$$

где G_0 — взлетная масса самолета;

y — коэффициент распределения взлетной массы самолета между главными опорами самолета (0,8...0,95);

$n_{\text{оп}}$ — число главных опор самолета.

где $C_{\text{ВПП}}$ — затраты, связанные со строительством покрытий взлетно-посадочной полосы (ВПП) и рулевых дорожек (РД), руб.;

$C_{\text{платф}}$ — затраты, связанные со строительством покрытий, мест стоянок (МС), перрона и площадок вспомогательного назначения, руб.

В общем виде
$$C_{\text{газр}} = 31,46 \cdot 10^{-8} \left(\frac{P_0}{N_K} \right)^{0,74} L_{\text{ВПП}}^{2,28} + 40,3 \left(\frac{P_0}{N_K} \right)^{0,64} N_{\text{пр}}^{0,972} \text{ тыс. р.}$$

где N_K — число колес на главной опоре самолета;

$L_{\text{ВПП}}$ — длина ВПП, м;

$N_{\text{пр}}^{\text{св}}$ — годовое число приведенных самолето-вылетов данного наземного комплекса; тыс. самолето-вылетов в год.

Расчет $C_{\text{ВПП}}$ важен и с точки зрения непосредственного влияния этой величины на себестоимость перевозок. Дело в том, что одним из распространенных заблуждений является оценка и сравнение самолетов без учета их взлетно-посадочных характеристик, от которых в значительной мере зависят взлетная масса и размеры крыла. Генеральным конструктором О.К.Антоновым предложен критерий, который исправляет этот недостаток. Критерий имеет вид:

$$a^* = a / L_{\text{ВПП}},$$

где A - некоторый коэффициент, определяющий себестоимость одного тонно-километра (например, 30 коп./т км);

$L_{ВПП}$ - потребная длина ВПП, км.

В случае, если задание предусматривает сокращение $L_{ВПП}$, то величина A^* соответствующим образом будет откорректирована.

I.I.4. Расчет технологической себестоимости детали и узла (по М.Е.Уланову)

В основу аналитических моделей расчета технологической себестоимости ряда характерных деталей и узлов агрегатов летательных аппаратов (аппроксимирующих функций, как называет их автор) положены конструктивно-технологические факторы, сгруппированные и обработанные с целью выявления закономерностей.

$$C_M^I = 87 \cdot K_M^{-0,06} \cdot B^{0,53} \cdot L^{0,15} \cdot \delta^{-0,2} \cdot G_d \text{ коп.},$$

где C_M^I - технологическая себестоимость изготовления обшивки из материалов типа В95А-ТЗ;

K_M - коэффициент использования материала;
 B и L - ширина и длина листа, м;
 δ - толщина листа, мм;
 G_d - вес детали, кг.

$$C_M^II = C_M \cdot q^{0,05} \cdot l_d^{0,85} \cdot C_d^{0,05} \text{ коп.},$$

где C_M^II - технологическая себестоимость изготовления деталей из прессованных профилей материала типа Д13А-Т;

C_M - цена материала, коп/кг;
 q - вес прессованного профиля, кг/м;
 l_d - длина детали, мм.

$$C_M^III = 68 \cdot K_M^{-0,08} \cdot d_n^{-0,1} \cdot G_d \text{ коп.},$$

где C_M^III - технологическая себестоимость изготовления деталей из пруткового материала типа Х17Н2;

d_n - диаметр прутка, мм.

$$V_0 = 2,5 \cdot B_y^{0,65} \cdot L_y^{0,78} \cdot n_{dy}^{0,12} \text{ коп.},$$

где V_0 - технологическая себестоимость сборки панелей в специальных приспособлениях;

B_y и L_y - ширина и длина панели, м;
 Π_{dy} - количество деталей в узле.

1.2. Система относительных коэффициентов

1.2.1. Техничко-экономическая оценка конструктивно-эксплуатационных разъемов (КЭР) в летательных аппаратах

Из всех разновидностей КЭР, имеющих место в летательных аппаратах различных классов, сопоставимыми как в техническом, так, естественно, и в экономическом смысле, являются фланцевые и телескопические стыки.

В практике наиболее характерны:

телескопические взаимозаменяемые КЭР;

телескопические невзаимозаменяемые КЭР;

фланцевые КЭР с постановкой стыковочных болтов изнутри агрегата;

фланцевые КЭР с постановкой стыковочных болтов через лючки.

Исходя из этого и рассмотрим соотношения частных технико-экономических показателей (параметров) по сравниваемым КЭР.

$$\beta_A = \frac{T_T}{T_\Phi} = \frac{1 + \left(\frac{0.5}{x} + 1\right) \cdot a_m \cdot W + 0.5 \cdot a_T}{\frac{1}{\varphi \cdot a_0} + \left(\frac{0.5}{x} + 1\right) \cdot a_m \cdot W + \frac{0.5 \cdot a_T}{\varphi \cdot a_0}}$$

$$\beta_B = \frac{T_T}{T'_\Phi} = \frac{1 + \left(\frac{0.5}{x} + 1\right) \cdot a_m \cdot W + 0.5 a_T}{\frac{1}{\varphi \cdot a_0} + \frac{(0.5/x + 1) a_m W}{1 + 2x} + \frac{0.5 \cdot a_T}{\varphi \cdot a_0}}$$

$$\beta_B = \frac{T'_T}{T_\Phi} = \frac{1 + \left(\frac{1}{x} + 2\right) a'_m \cdot W + a'_T}{\frac{1}{0.5 \varphi a'_0} + \left(\frac{1}{x} + 2\right) a'_m \cdot W + \frac{a'_T}{\varphi \cdot a_0}}$$

$$\beta_T = \frac{T'_T}{T'_\Phi} = \frac{1 + \left(\frac{1}{x} + 2\right) \cdot a'_m \cdot W + a'_T}{\frac{1}{0.5 \varphi \cdot a'_0} + \frac{\left(\frac{1}{x} + 2\right) a'_m W}{1 + 2x} + \frac{a'_T}{\varphi \cdot a_0}}$$

где β_i - отношение трудоемкостей сравниваемых (телескопических и фланцевых) КЭР;

AuB - отношение показателя телескопического (взаимозаменяемого и невзаимозаменяемого) КЭР к фланцевому, стыковочные блоки которого ставятся через лючки;

$BuГ$ - отношение показателя телескопического (взаимозаменяемого и невзаимозаменяемого) КЭР к фланцевому, стыковочные болты которого ставятся изнутри агрегата;

T_T и T'_T - трудоемкость работ по телескопическому (взаимозаменяемому и невзаимозаменяемому) КЭР, включающая получение стыковочных отверстий, сборку элементов стыка и стыковку самих отсеков;

T_Φ и T'_Φ - трудоемкость работ по фланцевому КЭР (стыковочные болты ставятся через лючки и изнутри агрегата);

$\varphi = \frac{n_{0T}}{n_{0\Phi}}$ - отношение количества отверстий под болты в стыковочном профиле телескопического и фланцевого КЭР;

$q = \frac{t_{0T}}{t_{0\Phi}}$ - отношение трудоемкостей одного отверстия в стыковочном профиле взаимозаменяемого телескопического и фланцевого КЭР, суммирующихся из трудоемкостей предварительного сверления и разделки отверстия (определяются по нормативам в зависимости от толщины стенок, марки материала, вида выбранного оборудования и оснастки);

$q'_0 = \frac{t'_{0T}}{t_{0\Phi}}$ - то же самое, но t'_{0T} определяется для невзаимозаменяемого телескопического КЭР (добавляется трудоемкость на разметку и учитывается отсутствие спецоснастки);

$q_\Phi = \frac{t_{0T}}{t_{\Phi T}}$ - отношение трудоемкостей, где $t_{\Phi T}$ - трудоемкость постановки одного болта на фланцевом КЭР при стыковке отсеков (определяется по нормативам);

$a_T = \frac{t_{\Phi T}}{t_{0T}}$ - отношение трудоемкостей, где $t_{\Phi T}$ - трудоемкость постановки одного винта на телескопическом КЭР при стыковке отсеков (определяется по нормативам);

$a'_T = \frac{t_{\Phi T}}{t'_{0T}}$ - отношение трудоемкостей постановки одного винта на телескопическом КЭР при стыковке отсеков и получения одного отверстия на невзаимозаменяемом телескопическом КЭР;

$x = \frac{n_{0T}}{Z_T}$ - отношение количества отверстий в стыковочном профиле при телескопическом КЭР и общего количества заклепок, крепящих этот стыковочный профиль к обшивке ($Z_T = Z_\Phi$);

W - характеристическая постоянная:

$$W = (1 - \beta) + \beta \cdot q,$$

где $a = \frac{t_H}{t_m}$ - отношение трудоемкостей, где t_H и t_m - трудоемкости постановки одной заклепки крепления стыковочного профиля к обшивке для стесненных и свободных условий труда;

β - доля стесненных (неудобных) работ по агрегату (табл. I.5);

Т а б л и ц а I.5

Диаметр отсека, м	1,0	1,5	2,0	3,0	4,0
β (по Е.П.Шекунову)	1,0	1,0	0,808	0,85	0,7

$$\theta_{ci} = \frac{C_{CT}}{C_{CF}} = 0,185(0,5g + \beta_i + 0,9\lambda_i + 3\omega_i),$$

где θ_{ci} - изменение себестоимости работ по сопоставляемым (А, Б, В, Г) КЭР;

C_{CT} и C_{CF} - себестоимость работ по телескопическому и фланцевому КЭР;

$g = \frac{M_{CT} - G_T}{M_{CF} - G_F}$ - изменение стоимости основных материалов;

M_{CT} и M_{CF} - стоимость основных материалов на один КЭР для телескопического и фланцевого стыков;

G_T и G_F - вес погонного метра разреза телескопического и фланцевого КЭР, кг (определяется по графикам рис. I.I);

t - шаг стыковых болтов, мм;

λ_i - изменение длительности циклов выполняемых работ по разрезам;

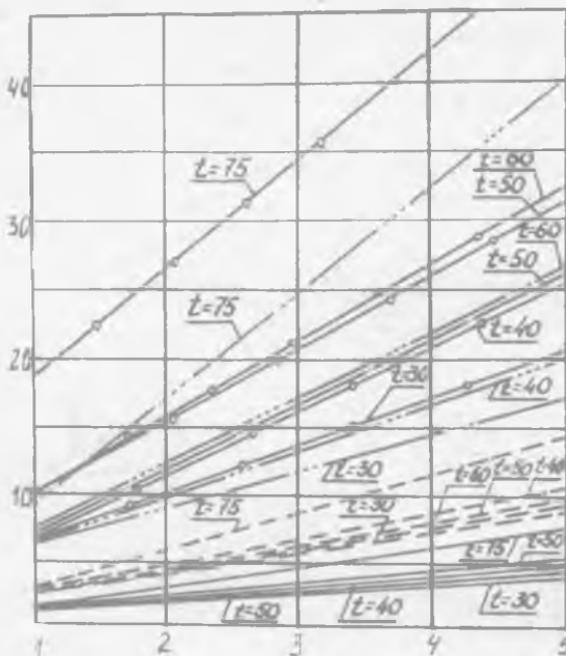
ω_{ci} - изменение затрат на спецодежду по рассматриваемым разрезам.

I.2.2. Техничко-экономическое обоснование схем технологического членения агрегатов (отсеков)

В работе [4] сказано: "...конструкции, не допускающие расчленения на панели, в настоящее время следует считать неприемлемыми для производства".

Здесь приводится метод расчета технико-экономических показателей для панелированных сборных конструкций типа корпусов летательных аппаратов, фюзеляжей и мотогондол самолетов.

Вес погонного метра развѣма, Гс/м



Толщина обшивки агрегата, $\delta_{об}$, мм

Вид развѣма

Условное обозначение развѣма на графике

Телескопический развѣм



Фланцевый развѣм с постановкой болтов изнутри агрегата



Фланцевый развѣм с постановкой болтов снаружи изделия (1-й вариант)



Фланцевый развѣм с постановкой болтов снаружи изделия (2-й вариант)



Р и с. 1.1. График определения веса КЭР

На величину затрат времени и средств по сборке агрегатов влияют различные конструктивные, технологические и организационно-экономические факторы:

положение агрегата (отсека) при сборке - вертикальное или горизонтальное;

вид силового набора, выносимого на панель - продольный, поперечный, продольно-поперечный;

характер механизации работ на панелях и на агрегате - ручные или механизированные;

габариты агрегата (отсека) - диаметр, длина, характер кривизны поверхностей;

степень специализации оснащения - специальные приспособления или универсальные;

среднегодовая программа выпуска изделий и другие факторы.

С учетом этих условий и разработаны аналитические выражения расчета относительной величины ряда технико-экономических показателей, принимаемых за критерии оценки вариантов.

В качестве примера покажем методику расчета изменения трудоемкости изготовления агрегата (отсека), когда его положение продольной оси - горизонтальное, на панель выносятся продольно-поперечный силовой набор, степень механизации - от ручных процессов до максимально возможной в настоящее время.

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

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

$$\beta_{0B} = \frac{T_{0m}}{T_{0n}} = 0,4 \frac{1 + \frac{1 + \alpha \cdot C_H \cdot \sigma}{C_H (1 + \sigma)} m_i [1 - \beta (1 - a)]}{1 - \beta (1 - a)} + 0,6 \frac{1 + \frac{1 + \alpha \cdot C_H \cdot \sigma}{C_H (1 + \sigma)} m_i [1 - \beta (1 - a_m)]}{1 - \beta (1 - a_m)};$$

$$\beta_{0r} = \frac{T_{0m}}{T_{0n}} = 0,6 \frac{1 + \frac{1 + \alpha \cdot C_H \cdot \sigma}{C_H (1 + \sigma)} m_i [1 - \beta (1 - a_m)]}{1 - \beta (1 - a_m)} + 0,4;$$

где β_{0i} - изменение трудоемкости изготовления панелюрованного агрегата (отсека) по отношению к трудоемкости нерасчлененного варианта конструкции [5];

T_{0m} и T_{0n} - трудоемкости панелюрованного и нерасчлененного варианта конструкции;

m_i - варианты панелюрования ($m_i = 2, 3, 4, \dots, 12$);

A, B, B, r - схемы сборки панелюрованных вариантов:

A - ручной процесс сборки отсека при выполнении монтажных работ на панелях;

B - ручной процесс сборки отсека при выполнении монтажных работ после стыковки панелей;

B - механизированный процесс сборки отсека при выполнении монтажных работ на панелях;

Γ - механизированный процесс сборки отсека при выполнении монтажных работ на агрегате после стыковки панелей;

$$\sigma = \frac{n \pi D \text{Шстр}}{C_H L \text{Шшп}} = \text{const} - \text{отношение количества крепежных точек на шпангоутах отсека к количеству крепежных точек на стрингерах при нерасчленном варианте};$$

где n - число шпангоутов в конструкции;

C_H - число стрингеров;

D - диаметр агрегата (отсека), мм;

L - длина агрегата (отсека), мм;

$\text{Шстр}, \text{Шшп}$ - средний шаг силовых точек (заклепок) по стрингерам и шпангоутам;

$$a = \frac{t_H \beta}{t_m} - \text{доля неудобных работ};$$

$$a = \frac{t_H}{t_m} - \text{отношение трудоемкости постановки одной силовой точки в неудобных условиях (нерасчленный вариант) к трудоемкости этой же силовой точки, но в условиях панели (ручным способом)};$$

$$a_m = \frac{t_H}{t_m t_{mm}} - \text{то же самое, но процесс на панелях механизирован (величины } t_H, t_m, t_{mm} \text{ определяются по нормативам)};$$

$$z = \frac{\pi \text{Шшп}}{\pi D} - \text{отношение количества крепежных точек (заклепок) по одной накладке к количеству точек, крепящих шпангоут к обшивке (} z = \text{const)};$$

τ - число заклепок одного соединения по накладке шпангоута.

$$\lambda_A = \frac{U_m}{U_H} = \frac{\frac{0,6}{m_i \gamma} + 0,4}{1 - \beta + a\beta} + \psi m_i,$$

$$\lambda_B = \frac{U_m}{U_H} = \frac{\frac{0,6}{m_i \gamma} + \frac{0,4}{\beta_B}}{1 - \beta + a\beta} + (0,6 + \frac{0,4}{\beta_B}) \psi m_i,$$

$$\lambda_B = \frac{U_m}{U_H} = \frac{\frac{0,6}{m_i \gamma} + 0,4 \frac{\beta_A}{\beta_B}}{1 - \beta + a_m \beta} + (0,6 + 0,4 \frac{\beta_A}{\beta_B}) \psi m_i;$$

$$\lambda_\Gamma = \frac{U_m}{U_H} = \frac{\frac{0,6}{m_i \gamma} + \frac{0,4}{\beta_\Gamma}}{1 - \beta + a_m \beta} + (0,6 + \frac{0,4}{\beta_\Gamma}) \psi m_i;$$

где λ_i - изменение длительности цикла сборочных работ по изготовлению панелированного агрегата (отсека) по отношению к сборке нерасчлененного варианта конструкции [5];

$U_{\text{шт}}$ и $U_{\text{н}}$ - длительности цикла сборки панелированного и нерасчлененного варианта конструкции;

$f = \frac{P_K}{P_H}$ - изменение фронта работ;

P_K и P_H - количество одновременно работающих на одной панели и на нерасчленном стыке (табл. I.6);

Т а б л и ц а I.6

D , м		0,5	1,0	1,5	2,0	3,0	4,0
По Е.П. Шеку- нову	P_H	$L/2$	L	$2L-1$	$2L$	$3L$	$4L$
	P_K	L	L	L	L	L	L

$\psi = \frac{1 + 2C_H \delta}{C_H (1 + \delta)}$ - доля стыковочных работ по одному продольному разъему ($\psi = \text{const}$);

β_i - изменение трудоемкости сборки агрегата (отсека), но только по сверильно-клепальным работам [5];

$$\beta_A = \beta_{0A},$$

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

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

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

$$\theta_i = \frac{C_m}{C_H} = 0,313 (\beta_{0i} + 0,5 \lambda_i + 1,7 \alpha_i),$$

- где θ_i - изменение себестоимости изготовления агрегата (отсека) при различных вариантах его панелирования [5];
- $C_{\text{пн}}$ и $C_{\text{н}}$ - себестоимости панелированного и нерасчлененного вариантов конструкции агрегата (отсека);
- $L = \frac{V_{\text{отп}}}{V_{\text{он}}}$ - отношение стоимостей оснащения процесса при панелированном и нерасчлененном вариантах.

$$L_A = \frac{V_{\text{отп}}}{V_{\text{он}}} = \frac{\frac{0,6\omega_i}{\gamma} + 0,4}{1-\beta + \alpha\beta} + \psi m_i;$$

$$L_B = \frac{V_{\text{отп}}}{V_{\text{он}}} = \frac{\frac{0,6\omega_i}{\gamma} + \frac{0,4}{\beta_B}}{1-\beta + \alpha\beta} + (0,6 + \frac{0,4}{\beta_B})\psi m_i;$$

$$L_D = \frac{V_{\text{отп}}}{V_{\text{он}}} = \frac{\frac{0,6\omega_i}{\gamma} + 0,4\frac{\beta_A}{\beta_B}}{1-\beta + \alpha_M\beta} + (0,6 + 0,4\frac{\beta_A}{\beta_B})\psi m_i;$$

$$L_T = \frac{V_{\text{отп}}}{V_{\text{он}}} = \frac{\frac{0,6\omega_i}{\gamma} + \frac{0,4}{\beta_T}}{1-\beta + \alpha_M\beta} + (0,6 + \frac{0,4}{\beta_T})\psi m_i;$$

где $\omega_i = \frac{V_{\text{м}}}{V_{\text{н}}}$ - отношение стоимости одного стапеля сборки панели к стоимости одного стапеля сборки нерасчлененного агрегата (таб. I.7).

Т а б л и ц а I.7

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

В практике работы авиационных предприятий часты случаи, когда степень панелирования необходимо оптимизировать по минимуму потребных производственных площадей.

$$f_A = \frac{F_m}{F_H} = \frac{\frac{0,6G_i}{\gamma} + 0,4}{1-\beta + \alpha\beta} + \psi m_i;$$

$$f_B = \frac{F_m}{F_H} = \frac{\frac{0,6G_i}{\gamma} + \frac{0,4}{\beta_B}}{1-\beta + \alpha\beta} + \left(0,6 + \frac{0,4}{\beta_B}\right) \psi m_i;$$

$$f_B = \frac{F_m}{F_H} = \frac{\frac{0,6G_i}{\gamma} + 0,4 \frac{\beta_A}{\beta_B}}{1-\beta + \alpha_M \beta} + \left(0,6 + 0,4 \frac{\beta_A}{\beta_B}\right) \psi m_i;$$

$$f_r = \frac{F_m}{F_H} = \frac{\frac{0,6G_i}{\gamma} + \frac{0,4}{\beta_r}}{1-\beta + \alpha_M \beta} + \left(0,6 + \frac{0,4}{\beta_r}\right) \psi m_i;$$

где f_i - изменение размера производственных площадей, необходимых для сборки годовой программы агрегата (отсека) при различных вариантах его панелирования по отношению к нерасчлененному варианту [5];

F_m и F_H - потребные площади для сборки годовой программы сравниваемых вариантов;

$G_i = \frac{S_m}{S_H}$ - отношение площади, занимаемой одним стапелем сборки панели и площади, занимаемой стапелем сборки нерасчлененного отсека (агрегата) (табл. I.8).

В случае, если будет иметь место при каком-либо значении m_i ; увеличение d_i и f_i при одновременном снижении θ_i , то целесообразно рассчитать срок окупаемости дополнительных капиталовложений:

$$O_i = \frac{\Delta K}{(C_H - C_m) N} = \frac{1,5 Z_i}{f_i \left(\frac{1}{\theta_i} - 1\right) N}, \text{ лет.}$$

где ΔK - дополнительные капиталовложения;

N - годовая программа выпуска изделий.

По ряду летательных аппаратов сборные отсеки собираются в вертикальном положении. Модели расчета аналогичных технико-экономических показателей см. в работе [5].

$m=2$	$\bar{G} = \frac{(L+2)(R+4)}{(2R+4)(2R+4)}$
$m=4$	$\bar{G} = \frac{(L+2)(0,293R+4)}{(2R+4)(2R+4)}$
$m=6$	$\bar{G} = \frac{(L+2)(0,134R+4)}{(2R+4)(2R+4)}$
$m=8$	$\bar{G} = \frac{(L+2)(0,076R+4)}{(2R+4)(2R+4)}$
$m=10$	$\bar{G} = \frac{(L+2)(0,049R+4)}{(2R+4)(2R+4)}$

1.2.3. Расчет стоимости изделия на основе относительных базовых коэффициентов [6]

Величину удельной стоимости одной (базовой) конструктивной части принимают за единицу и рассчитывают значения коэффициентов удельных затрат β_i для каждой из других конструктивных частей относительно базовой.

Стоимость определяется по формуле

$$C = \bar{C}_B \left(B_B + \sum_{i=1}^{n-1} \beta_i B_{B_i} \right),$$

где \bar{C}_B - удельная стоимость производства базовой конструктивной части;

B_B - величина базовой конструктивной части;

B_{B_i} - величина i -й базовой конструктивной части нового изделия;

β_i - относительный коэффициент удельной стоимости i -й конструктивной части нового изделия;

Π - число конструктивных частей нового изделия.

Необходимо отметить, что имеется синтез абсолютного и относительного методов в подготовке исходных данных и получении итогового результата.

2. ПРИМЕРЫ ЭКОНОМИЧЕСКОГО ОБОСНОВАНИЯ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПО МЕТОДУ АБСОЛЮТНЫХ ВЕЛИЧИН

Инженерное проектирование включает в себя три этапа: изобретательство, инженерный анализ и принятие решений [2].

Экономическое обоснование технических разработок является органическим элементом последних двух этапов, дает возможность на основе исходных количественных данных с применением того или иного математического аппарата (а зачастую, и с применением ЭВМ) оптимизировать принимаемое решение.

Схема процесса экономического обоснования приведена на рис.2.1.

Представляется целесообразным оформление материалов по экономическому обоснованию конструктивных и технологических разработок по приведенной последовательности: это улучшит содержание обоснования и упростит работу консультанта и самого дипломника.

2.1. Примеры экономического обоснования конструкторских разработок

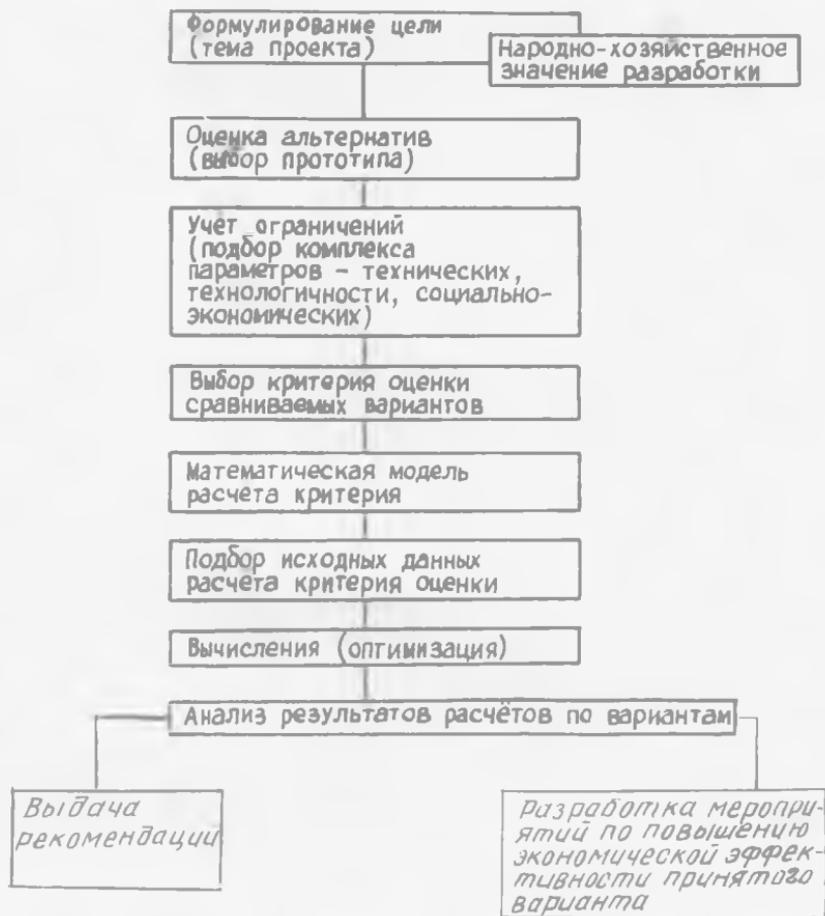
2.1.1. Технико-экономическое обоснование проекта самолета-истребителя

П о с т а н о в к а з а д а ч и

Требуется определить эффективность выбранного варианта самолета-истребителя, спроектированного по заданным параметрам.

В ы б о р к р и т е р и я э ф ф е к т и в н о с т и

При исследовании эффективности технических систем (изделий) сравнивают различные варианты по следующим критериям:



Р и с. 2.1. Схема процесса экономического обоснования технического решения

стоимость;
 отношение стоимости к эффективности выполнения задачи;
 отношение затрат на полет к вероятности выполнения задачи.

Методика расчетов [2]

1. Расходы на эксплуатацию самолета-истребителя в течение одного летного часа при выполнении определенной задачи определяются по формуле

$$A = A_{ac} + A_{ad} + A_{T,oc} + A_{T,od} + A_T + A_{з.п} + B_{a.п.}$$

- где A_{ac} - расходы на амортизацию самолета, руб/ч;
 A_{ad} - расходы на амортизацию двигателя, руб/ч;
 $A_{T,oc}$ - расходы на текущий ремонт и техническое обслуживание самолета, руб/ч;
 $A_{T,od}$ - расходы на текущий ремонт и техническое обслуживание двигателей, руб/ч;
 A_T - стоимость расходуемого топлива, руб/ч;
 $A_{з.п.}$ - расходы на заработную плату экипажа с начислениями, руб/ч;
 $B_{a.п.}$ - расходы на содержание аэродрома, административно-технических служб и оборудование, используемое при подготовке самолета к полету.

$$A_{ac} = \frac{1 + K_{pc} \left(\frac{T_c}{t_c} - 1 \right)}{T_c} K_1 C_c,$$

- где K_{pc} - отношение стоимости одного капитального ремонта к первоначальной стоимости самолета,
 $K_{pc} = 0,11 + 2 \cdot 10^{-4} / C_c$;
 T_c - амортизационный или полный срок службы самолета, з ;
 t_c - срок службы самолета между капитальными ремонтами, з ;
 $K_1 = 1,05 \dots 1,08$ - коэффициент, учитывающий непроизводительный налет (тренировки, обучение, облет и т.п.);
 C_c - стоимость (руб.) самолета без двигателей,

$$C_c = K_{сер.с} K_v \left[m_{пуст} (40 + 4 \cdot 10^{-4} m_{пуст}) + \frac{4 \cdot 10^4}{1 + 500/m_{пуст}} \right],$$

- где $m_{пуст}$ - масса пустого самолета, кг;
 $K_{сер.с}$ и K_v - коэффициенты, учитывающие серийность и расчетную скорость полета проектируемого самолета,

$$K_{сер.с} = \left(\frac{35 \cdot 10^5}{m_{пуст} \cdot \sum n_c} \right)^{0,4}, \quad K_v = \frac{1}{2} \left(1 + \frac{V_{кр.рейс}}{800} \right),$$

- где $\sum n_c$ - число самолетов в серии;
 $V_{кр.рейс}$ - крейсерская скорость, км/ч.

$$A_{г.д.д} = K_2 \cdot \pi_{дв} \cdot C_{дв} \frac{1 + K_{р.д} (T_{дв} / t_{дв} - 1)}{T_{дв}},$$

где $K_{р.д}$ - отношение стоимости одного капитального ремонта двигателя к его первоначальной стоимости.

Для ТРД и ТРДД

$$K_{р.д} = 0,15 + 4,15 \cdot 10^{-5} [1 - 0,2 (T_{дв} / t_{дв} - 1)] T_{дв},$$

где $T_{дв}$ - амортизационный или полный срок службы двигателя, ч;

$t_{дв}$ - срок службы двигателя между капитальными ремонтами, ч.

$K_2 = 1,07 \dots 1,09$ - коэффициент, учитывающий производственный налет; $\pi_{дв}$ - число двигателей, установленных на самолете;

$C_{дв}$ - стоимость одного двигателя, руб.

Для ТРДД можно принимать

$$C_{дв} = K_{сх} \cdot K_{сер.дв} \cdot P_{oi} (34 - 0,4 \sqrt[3]{P_{oi}}),$$

где P_{oi} - взлетная тяга одного двигателя, даН;

$K_{сх}$ и $K_{сер.дв}$ - коэффициенты, учитывающие тип (схему) двигателя и серийность;

$K_{сх} = 0,85$ для ТРД; $K_{сх} = 1$ - для ТРДД при $M < 1$

$K_{сх} = 1,5$ при $M > 1,5$,

$$K_{сер.дв} = [1500 / \sum \pi_{дв}]^{0,25},$$

где $\sum \pi_{дв}$ - число двигателей в серии.

$$A_{г.д.с} = K_3 \cdot \pi_{г.д.с} \cdot 10^{-3} (4,4 - 0,1 \sqrt[3]{\pi_{г.д.с}} + 0,15 \cdot 10^{-4} \pi_{г.д.с}),$$

где $K_3 = 1$ для дозвуковых самолетов с ТРД и ТРДД;

$K_3 = 2$ для сверхзвуковых самолетов.

$$A_{г.д.д} = \frac{0,16 \cdot K_2 \cdot K_4 \cdot \pi_{дв} \sqrt{P_{oi}}}{1 + 7 \cdot 10^{-5} T_{дв}},$$

где $K_2 = 1,07 \dots 1,09$;

$K_4 = 1$ для ТРД и ТРДД дозвуковых самолетов;

$K_4 = 1,5$ для сверхзвуковых самолетов.

$$A_T = 0,09 K_5 M_{T,расх} V_{крейс} / L_{рас}$$

где $M_{T,расх}$ - масса расходуемого в полете топлива, кг;
 0,09 - цена топлива, руб/кг;
 $K_5 = 1,0$ - для дозвуковых самолетов с ТРД и ТРДД;
 $K_5 = 1,06$ - для сверхзвуковых самолетов.

где $\bar{C}_{л.п.с.} = 20 \dots 25$ - средняя часовая заработная плата летно-подъемного состава, руб.;

$N_{л.п.с.}$ - число членов экипажа.

$B_{а.п.} = 0,083 - 0,095 M_0^{0,1}$
 где M_0 - масса самолета при взлете, кг.

П. Отношение стоимости выполнения задачи к эффективности выполнения задачи:

$$\omega_{ср} = \frac{C_{з.з.}}{P_{з.з.}}$$

Ш. Обобщенный критерий, представляющий отношение затрат на полет к вероятности выполнения задачи:

$$\omega_0 = \frac{A}{P_3}$$

Пример. Исходные данные самолета "К": $M_{пул} = 7378$ кг; радиус действия - 500 км; $V_{крейс} = 930$ км/ч; $H_{крейс} = 9000$ м; боевая нагрузка - 3000 кг; $P_3 = 0,6$.

Результаты расчетов сводятся в табл.2.1.

Т а б л и ц а 2.1

Параметр	Тип самолета				Примечание
	"К"	F-16A	E	Z	
$A_{а.с.}$	60,5	17,0	18,6	40,2	По результатам расчетов и их анализа даются выводы и предложения по повышению эффективности спроектированного самолета.
$A_{а.д.}$	148,9	73,01	50,4	100,6	
$A_{т.с.}$	38,0	28,2	41,0	70,4	
$A_{т.д.}$	27,0	15,0	12,7	20,6	
A_T	248,0	78,0	34,0	200,4	
$A_{з.п.}$	30	20	21,0	25,0	
$B_{а.п.}$	68,0	54,0	44,0	56,0	
A	621,0	285,0	220,0	450,0	
P_3	0,6	0,75	0,7	0,7	
ω_0	1085	380	320	642	

2.2. Примеры экономического обоснования технологических работ

2.2.1. Расчет экономической эффективности штамповки прессованных профилей

Выбор критерия

За основной критерий оптимального варианта взята эффективность капиталовложений при кратчайших сроках окупаемости капиталовложений.

$$T_{ок} = \frac{K_2 - K_1}{(C_{T1} - C_{T2}) N} \leq T_{норм},$$

где K - капиталовложения;

C_T - технологическая себестоимость;

индекс 1 - базовый вариант; индекс 2 - новый вариант.

$$C_T = M + Z_{пр} + O + И,$$

где M - расходы на основные материалы, заготовку;

$Z_{пр}$ - заработная плата производственных рабочих;

O - расходы на эксплуатацию и амортизацию оборудования;

$И$ - расходы на эксплуатацию специального инструмента.

В формуле (2) $M = U_{1M} M_H - U_{0M} M_0,$

где $U_{1M} = 1,45$ - цена 1 кг прессованного профиля из Д16Т, руб.;

$M_H = 0,32$ - чистовой вес потребного материала, кг;

$U_{0M} = 0,23$ - цена 1 кг отходов профиля из Д16Т, руб.;

$M_0 = 0,2$ - вес отходов с 1 детали, кг.

Экономия по затратам на основные материалы

$$Э_M = M_{1(N)} - M_{2(N)},$$

где N - годовая программа, шт.

$$Z_{пр} = Z_{осн} + Z_H,$$

где $Z_{осн}$ - зарплата основных рабочих;

Z_H - зарплата наладчиков-штамповщиков.

$$Z_{осн} = C_{ср} T_{штк} \frac{1}{3},$$

где $C_{ср}$ - средняя тарифная ставка;
 $T_{штк}$ - штучно-калькуляционное время;
 $\beta_3 = 1,15$ - коэффициент, учитывающий дополнительную зарплату и начисления в фонд соцстраха.

$$Z_H = C_H \cdot n,$$

где C_H - стоимость одной наладки;
 n - число наладок.

$$C_H = C_p \cdot T_{рз} \cdot \beta_3,$$

где C_p - тарифная ставка наладчика;
 $T_{рз}$ - время на установку, регулировку и снятие одного подсеционного малковочного штампа со штамповочной пробной детали.

Экономия заработной платы

$$Z_{з.п} = Z_{пр_1} - Z_{пр_2}$$

Расходы на эксплуатацию и амортизацию оборудования

$$O = O_{сп} + Z + P_a,$$

где $O_{сп}$ - расходы, связанные с эксплуатацией специализированного оборудования;
 Z - расходы на электроэнергию;
 P_a - расходы, связанные с годовыми амортизационными отчислениями.

Экономия по оборудованию

$$Z_0 = O_1 - O_2, \text{ руб.}$$

Расходы по эксплуатации специального инструмента

$$U_c = \frac{C_{ис} + P_{ис}}{N},$$

где $C_{ис}$ - стоимость специального инструмента;
 $P_{ис}$ - стоимость ремонта инструмента.

Экономия по инструменту

$$Z_{ис} = U_{c_1} - U_{c_2}.$$

Капитальные вложения в инструмент

$$K_{ис} = C_{ис} \frac{N}{N_{изн}},$$

где C_{MC} - стоимость специального инструмента, руб.;

N - программа выпуска, шт.;

$N_{изн}$ - количество деталей, изготовленных до полного износа инструмента, шт.

Экономия капиталовложений в инструмент

$$\Delta MC = K_{ис1} - K_{ис2}$$

Пример. Перевести технологический процесс на новый метод штамповки (полиуретаном) с программой выпуска деталей 30000 шт. в год. Определить экономическую эффективность по предложенным мероприятиям.

Исходные данные для расчета приведены в табл.2.2.

Таблица 2.2

Показатель	Единица измерения	Вариант 1 (базовый)	Вариант 2 (новый)
Годовая программа выпуска	шт.	30000	30000
Средняя трудоемкость изготовления, t_{cp}	н.-ч	1,29	0,48
Средний разряд рабочего	-	3	3
Тарифная ставка, Z_{cp}	руб	0,475	0,475
Коэффициент, учитывающий дополнительную зарплату	-	1,15	1,15
Масса детали:			
черновой, M_0	кг	0,52	0,32
чистой, $M_{ч}$		0,32	0,32
Цена 1 кг прессованного профиля материала Д16Т C_{Mo}	руб	1,45	1,45
Стоимость 1 квт.-ч. электроэнергии	руб	0,0105	0,0105
Стоимость 1 м ² производственной площади	руб	10,0	10,0
$PUE-160$	-	-	13
Площадь, занимаемая оборудованием: м ²			
АД7		2,6	
П63-28		2,5	
PUE-250		-	5,1
ПГР-7		59,8	

Продолжение табл.2.2

Показатель	Единица измерения	Вариант I (базовый)	Вариант 2 (новый)
Количество оснастки:	шт.		
обтяжной пуансон, <i>Шоб</i>		800	
малковочный штамп, <i>Шм</i>		50	
подсечной штамп, <i>Шп</i>		50	
гибочный штамп, <i>Шг</i>		450	
оправка (под контейнер), <i>Шо</i>		-	800
контейнер с полиуретаном, <i>Шк</i>		-	I
Масса оснастки:	кг		
обтяжной пуансон, <i>Воб</i>		20	
малковочный штамп, <i>Вм</i>		5	
подсечной штамп, <i>Вп</i>		7,8	
гибочный штамп, <i>Вг</i>		4,0	
оправка, <i>Во</i>		-	15
контейнер с полиуретаном, <i>Вк</i>		-	4050
Цена материала оснастки:	руб.		
баленит, <i>Цб</i>		0,59	
сталь 45		0,15	
дельта-древесина, <i>Цд</i>		0,59	
ДИ6-НТ, <i>Цо</i>		-	1,35
Сталь XI2M, <i>Цм</i>		0,3	
Среднегодовая расценка при изготовлении оснастки, <i>Ср</i>	руб.	0,503	0,503
Стоимость оснастки:	руб.		
обтяжной пуансон, <i>Соб</i>		45	-
малковочный штамп, <i>См</i>		55	-
подсечной штамп, <i>Сп</i>		40	-
гибочный штамп, <i>Сг</i>		32	-
оправка, <i>Со</i>		-	42
контейнер с полиуретаном, <i>Ск</i>		-	1650
Стойкость оснастки:			
обтяжной пуансон, <i>Эоб</i>	лет	3	
малковочный штамп, <i>Эм</i>	шт.	85000	
подсечной штамп, <i>Эп</i>	шт.	80000	
гибочный штамп, <i>Эг</i>	лет	2	

Показатель	Единица измерения	Вариант I (базовый)	Вариант 2 (новый)
оправка, τ_0	лет	-	5
контейнер с полиуретаном, τ_k	лет	-	10
Годовая стоимость ремонта контейнера, P_k	руб.	-	160
Коэффициент загрузки оборудования, K_w	-	0,85	0,85

Результаты расчетов по формулам (I7-3I) сводятся в табл.2.3.

Т а б л и ц а 2.3

Показатель (за год)	Единица измерения	Вариант I (базовый)	Вариант 2 (новый)	Экономия
Расходы на основные материалы	руб.	21120	13800	7320
Зарплата основных рабочих	руб.	21397	6900	14497
Расходы на эксплуатацию оборудования и его амортизацию (затраты на ремонт, амортизацию и электроэнергию)	руб.	11328	4692	6636
Расходы на эксплуатацию инструмента	руб.	55200	33425	21275
Расходы на капитальные вложения в инструмент	руб.	37720	35250	2470
Технологическая себестоимость изготовления деталей	руб.	109020	59310	49710
Суммарные затраты (затраты по технологической себестоимости, капиталовложениям и по универсальному оборудованию и инструменту), $C_3 = C_T + K_0 + K_u$	руб.	166210	103052	63158
Капитальные вложения: $K_1 = 19470 + 37720 = 57190$ $K_2 = 8492 + 35250 = 43742$	руб.	57190	43742	
Срок окупаемости ($T_{\text{норм}} = 3$ года)	год	Новый метод окупает себя до начала производства		
Снижение трудоемкости (на I деталь)	н.-ч	1,24	0,48	0,81

Показатель (за год)	Единица измерения	Вариант I (базовый)	Вариант (новый)	2 Экономия
Снижение трудоемкости на программу выпуска, $P_T = (t_1 - t_2)N$	н.-ч	38700	14400	24300
Рост производительности труда, $\Delta\Pi = \frac{t_1 - t_2}{t_2}$	-	-	-	170 %

Далее строится график (рис.2.2) в координатах $N - (C_{T(N)} + K)$. По оси абсцисс N откладывается число деталей, подлежащих изготовлению за год, а по оси ординат - $C_{T(N)} + K$ значения первоначальных капиталовложений в оборудование и инструмент для сравниваемых вариантов (точка ① для варианта I и точка ② для варианта 2). Из точек I и 2 строится график суммарных затрат в зависимости от программы выпуска деталей.

Выводы

Из графика рис.2.2 видно, что изготовление деталей по новому варианту значительно экономичнее как на начало планируемого периода, так и при любой программе выпуска деталей.

2.2.2. Расчет экономической эффективности автоматизации сборки киля самолета

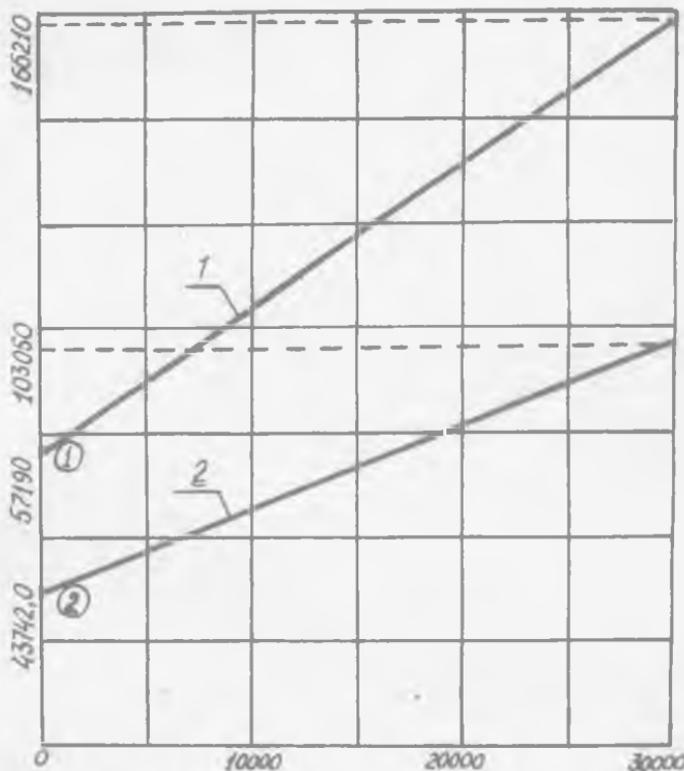
Сборка киля включает сборку панелей и сборку лонжеронов и нервюр.

По существующему на базовом предприятии варианту технологического процесса сборка панелей производится следующим образом: сверление и зенкование отверстий осуществляется на сверлильно-зенковальной установке СЗУ-К2, клепка - на прессе КП-503М.

Сверление лонжеронов и нервюр производится вручную пневмодрелью, клепка - пневмомолотками.

Предлагается для сборки панелей использовать автомат АК-5,5-2,4, для сборки лонжеронов и нервюр - АК-2,2-0,5.

Капиталовложения в оборудование и инструмент, $C_{T(N)} + K$, тыс. руб.



Годовая программа, N_r , шт.

Р и с. 2.2. Сравнение двух вариантов по суммарным затратам: 1 - базовый техпроцесс; 2 - новый техпроцесс

Исходные данные для расчета приведены в табл.2.4

Т а б л и ц а 2.4

Показатель	Единица измерения	1 вариант (базовый)	2 вариант (новый)
<u>Сборка панелей</u>			
Количество отверстий на всех панелях	шт.	12000	12000

Показатель	Единица измерения	I вариант (базовый)	2 вариант (новый)
Норма времени:	н.-мин		
на сверление I отверстия		0,054	0,13
на клепку I отверстия		0,202	-
Оптовая цена единицы оборудования:			
СЗУ-К2	руб.	18000	-
КП-503М	"	5000	-
АК-5,5-2,4	"	-	25000
Разряд работы	-	3	3
<u>Сборка лонжеронов и нервюр</u>			
Количество отверстий	шт.	18500	18500
Норма времени:	н.-мин		
на сверление		0,058	-
на клепку		0,104	0,04
Удельный расход сжатого воздуха:	м ³ /мин		
пневмодрелью,		0,5	
молотком		0,5	
на автоматах		I	
на СЗУ		0,5	
Оптовая цена единицы оборудования:	руб.		
автомата АК-2,2-0,5		-	20000
Разряд работы	-	3	3
Годовая программа	шт.	60 самолетов	60 самолетов
Норма на амортизацию и эксплуатацию оборудования:	% от первоначальной стоимости		
установки СЗУ-К2,		20	-
пресса КП-503М,		12	-
автоматов АК-5,5-2,4		-	20
АК-2,2-0,5.		-	20
Часовая тарифная ставка			
3 разряда:			
для нормальных условия труда	-	0,576 руб.	
для тяжелых и вредных	-	0,648 руб.	
Премии, доплаты, отчисления на социальное страхование - 40% от расходов по тарифу.			
Стоимость I м ³ сжатого воздуха - 0,04 руб.			

При расчете эффективности автоматизации сборки кия необходимо оценить уровень технического совершенства предлагаемого мероприятия, его социальную значимость, экономическую эффективность.

Уровень технического совершенства достаточно высок: внедрение автоматов позволяет автоматизировать процесс сверления, зенкования отверстий, постановку и расклепывание заклепок, производительность труда на сборке панелей возрастает в 1,9 раза, лонжеронов и нервюр в 4,2 раза.

Внедрение автоматов АК-5,5-2,4 и АК-2,2-0,5 улучшает условия труда, в этом их социальная значимость.

Критерием оценки экономической эффективности является минимум приведенных затрат:

$$Z_{прив_i} = C_i N_r + E_H K_i \rightarrow \min,$$

где $Z_{прив}$ - величина приведенных затрат по i -му варианту;
 C_i - себестоимость сборки кия по i -му варианту;
 N_r - годовая программа выпуска самолетов;
 E_H - нормативный коэффициент сравнительной экономической эффективности дополнительных капитальных затрат,
 $E_H = 0,15$;
 K_i - капитальные затраты по i -му варианту.

Величина капитальных затрат

$$K = n_{об} \cdot C_{перв}, \text{ руб.}$$

где $n_{об}$ - количество оборудования;
 $C_{перв}$ - первоначальная стоимость единицы оборудования (оптовая цена, затраты на доставку, монтаж; составляют 10 % от оптовой цены).

Количество оборудования

$$n = \frac{t \cdot N_r}{\Phi_{эфф}}$$

где t - норма времени на операцию, н.-ч.;
 N_r - программа выпуска за год, шт.;
 $\Phi_{эфф}$ - эффективный фонд времени единицы оборудования, ч.; при 2-сменной работе равен 4000 ч.

Рассчитаем капитальные затраты на оборудование по базовому и новому вариантам технологического процесса.

Сборка панелей

По базовому варианту

$$K_1 = \frac{0,054 \cdot 12000 \cdot 60}{4000 \cdot 60} \cdot 18000 + \frac{0,202 \cdot 12000 \cdot 60}{4000 \cdot 60} \cdot 5800 =$$
$$= 0,2 \cdot 18000 + 0,6 \cdot 5800 = 7288 \text{ руб.}$$

Загрузка СЗУ сборкой панелей составляет 20% полезного фонда времени ее работы, пресса - 60%. Сверлильно-зенковальную установку будем догружать другой работой, пресс закрепим только за сборкой кля.

По новому варианту

$$K_2 = \frac{0,13 \cdot 12000 \cdot 60}{4000 \cdot 60} \cdot 25000 = 0,21 \cdot 25000 = 10000 \text{ руб.}$$

Автомат загружен сборкой панелей на 40%; оставшееся время будет использовано для сборки других панелей.

Сборка лонжеронов и нервюр

По базовому варианту

Капитальные затраты на оборудование не требуются, затратами на приобретение пневмодрелей и пневмомолотков можно пренебречь.

По новому варианту

$$K_2 = \frac{0,04 \cdot 185800 \cdot 60}{4000 \cdot 60} \cdot 20000 = 40000 \text{ руб.}$$

Расчет текущих затрат
(себестоимости) сборки кля

Рассчитаем технологическую себестоимость, которая учитывает только изменяющиеся в зависимости от варианта статьи затрат.

Использование автоматов для сборки панелей, лонжеронов и нервюр кля приведет к изменению в себестоимости затрат на заработную плату производственным рабочим с отчислениями на социальное страхование, на амортизацию и эксплуатацию оборудования, на сжатый воздух.

Затраты на заработную плату производственным рабочим с отчислениями на социальное страхование

$$Z_{пл} = t \cdot n_0 \cdot z_i \cdot K_{\partial} \text{ руб.}$$

- где t - норма времени на операцию, н.-ч.;
- Π_0 - количество отверстий в панели;
- γ_i - часовая тарифная ставка i -го разряда;
- K_a - коэффициент, учитывающий премию, доплаты, отчисления на социальное страхование.

Затраты на амортизацию и эксплуатацию оборудования

$$P_{об} = \frac{H_a + H_z}{100} \frac{C_{перв} \Pi_{об}}{N_r}, \text{ руб.}$$

- где $H_a + H_z$ - норма амортизационных отчислений и расходов на эксплуатацию оборудования, %;

$C_{перв}$ - первоначальная стоимость оборудования на данной операции;

$\Pi_{об}$ - количество оборудования, необходимое для выполнения годового объема работ на данной операции;

N_r - годовая программа выпуска.

Затраты на сжатый воздух

$$P_{вк} = q_{уд} t \Pi_0 \cdot C_m, \text{ руб.}$$

- где $q_{уд}$ - удельный расход сжатого воздуха, м³/мин;

t - норма времени на 1 отверстие, мин;

Π_0 - количество отверстий в панели;

C_m - стоимость 1 м³ сжатого воздуха.

Технологическая себестоимость операции сборки панелей кляя:

по базовому варианту технологического процесса

$$C_{тех1} = \frac{(0,054 + 0,202)}{60} \cdot 0,576 \cdot 1,4 \cdot 12000 + \frac{20}{100} \frac{18000 \cdot 0,2}{60} + \frac{12}{100} \frac{5800}{60} + 0,5 \cdot 0,054 \cdot 12000 \cdot 0,04 = 41,20 + 12 + 11,6 + 60 = 124,89 \text{ руб.};$$

по новому варианту

$$C_{тех2} = \frac{0,13 \cdot 0,576}{60} \cdot 1,4 \cdot 12000 + \frac{20}{100} \frac{25000 \cdot 0,21}{60} + 1 \cdot 0,13 \cdot 12000 \times 0,04 = 20,97 + 33,3 + 62,4 = 116,67 \text{ руб.}$$

Технологическая себестоимость операции сборки лонжеронов и нервюр:

по базовому варианту технологического процесса

$$C_{тех1} = \frac{(0,058 + 0,104)}{60} \cdot 0,648 \cdot 185800 \cdot 1,4 + 0,5(0,058 + 0,104) 185800 \cdot 0,04 = 455,1 + 602 = 1057,1 \text{ руб.};$$

по новому варианту

$$C_{\text{тех}_2} = \frac{0,04}{60} \cdot 0,576 \cdot 185800 \cdot 1,4 + \frac{20}{100} \cdot \frac{20000 \cdot 2}{60} + 1,04 \cdot 185800 \cdot x,04 = 99,9 + 133,3 + 297,3 = 530,5 \text{ руб.}$$

Сумма приведенных затрат на сборку кия по базовому и новому вариантам техпроцесса:

$$Z_{\text{прив}_1} = (12489 + 10571) \cdot 60 + 0,15 \cdot 7788 = 72088,2 \text{ руб.}$$

$$Z_{\text{прив}_2} = (11667 + 530,5) \cdot 60 + 0,15(10000 + 40000) = 46330 \text{ руб.}$$

Таким образом, автоматизация процесса сборки кия экономически эффективна: годовой экономический эффект составляет 25758 руб.

2.3. Примеры экономического обоснования организационно-технических мероприятий

2.3.1. Техничко-экономическое обоснование применения автоматизированной системы расчета и проектирования авиационных конструкций РИПАК для проектирования шпангоута № 50 самолета-авробуса

Расчет и проектирование элементов конструкции самолета по системе РИПАК проводится с использованием метода конечных элементов, ЭВМ ЕС-1040, устройств подготовки данных, графопостроителя.

Факторы, обеспечивающие эффективность применения системы РИПАК:

- сокращение сроков проектирования, повышение точности и достоверности расчетов, уменьшение объема испытаний и доводочных работ;
- получение конструкции минимальной массы, повышение ее надежности и ресурса за счет использования современных инженерных методов структурной и параметрической оптимизации.

Существующая конструкция - шпангоут с широкой базой, масса конструкции 68 кг. Конструкция, спроектированная с использованием системы РИПАК - шпангоут с узкой базой, масса 48 кг.

Экономический эффект от использования системы РИПАК при проектировании шпангоута № 50 складывается из трех составляющих:

экономии на этапе проектирования конструкции, \mathcal{E}_1 ;
 экономии при изготовлении шпангоута, \mathcal{E}_2 ;
 экономии при эксплуатации самолета с улучшенными характеристиками \mathcal{E}_3 .

Исходные данные для расчета приведены в табл.2.5.

Т а б л и ц а 2.5

Показатель	Условное обозначение	Единица измерения	Данные	Примечания
Масса конструкции шпангоута № 50:	M	кг		
при проектировании традиционными методами;			68	
с применением системы РИПАК			48	
Трудоемкость силового расчета и проектирования шпангоута по системе РИПАК:				
затраты рабочего времени инженера-конструктора;	t_p	чел.-ч	172	
время работы ЭВМ ЕС-1040;	t_{M1}	ч	30	
время работы устройства подготовки данных;	t_{M2}	ч	8	
время работы графопостроителя	t_{M3}	ч	16	
Средняя часовая ставка инженера	$Ч_{cp}$	руб/ч	0,78	
Коэффициент, учитывающий премии, отчисления на социальное страхование	K_{np}	-	1,4	
Стоимость одного часа эксплуатации технических средств:				
ЭВМ ЕС-1040;	$C_{ЭВМ}$	руб.	90	
устройства подготовки данных;	$C_{удд}$	руб.	0,06	
графопостроителя	$C_{гп}$	руб.	5,2	
Себестоимость одного ткм	$C_{ткм}$	руб/ткм	0,19	Среднестатистические данные
Рейсовая скорость самолета	$V_{рейс}$	км/ч	900	
Годовой налет	T_r	ч	2700	"

Показатель	Условное обозначение	Единица измерения	Данные	Примечание
Годовая программа выпуска	N_r	шт.	4	
Коммерческая нагрузка	$G_{ком}$	т	40	
Коэффициент использования коммерческой нагрузки	$K_в$	-	0,7	Среднестатистические данные
Стоимость материала	$Ц$	руб/кг	1,2	

Экономия на этапе проектирования конструкции шпангоута

$$Э_1 = Z_1 - Z_2,$$

где Z_1 - затраты на расчет и проектирование конструкции традиционным способом;

Z_2 - затраты на расчет и проектирование с использованием системы РИПАК.

Затраты на расчет и проектирование конструкции шпангоута методами, применяемыми в КБ, складываются из заработной платы инженера-конструктора и инженера-прочниста с отчислениями на социальное страхование, затрат на изготовление опытных образцов, затрат на испытания, последующую доводку конструкции, доработку чертежей.

Затраты на расчет и проектирование шпангоута с использованием системы РИПАК включают кроме вышеназванных расходов затраты на амортизацию и эксплуатацию ЭВМ, графопостроителя, устройств подготовки данных. Но расходы на заработную плату с отчислениями на соцстрах конструкторов, на проведение испытаний, доводочных работ будут значительно меньше по сравнению с традиционным методом проектирования, так как система РИПАК обеспечивает высокую точность и достоверность расчетов. Также значительно сокращаются сроки проектирования конструкции.

Затраты на расчет и проектирование конструкции шпангоута по системе РИПАК составят:

$$Z_2 = t_{р1} \cdot Ч_{ср} \cdot K_{пр} + t_{м1} \cdot C_{ЭВМ} + t_{м2} \cdot C_{упл} + t_{м3} \cdot C_{гп} =$$

$$= 172 \cdot 0,78 \cdot 1,4 + 30 \cdot 90 + 8 \cdot 0,06 + 16 \cdot 5,2 = 2988 \text{ руб}^2$$

Рассчитать затраты на проектирование конструкции шпангоута традиционным методом не представляется возможным, нет исходных данных по трудоемкости проектных, испытательных, доводочных работ.

Экономия при изготовлении шпангоута предопределяется тем, что с уменьшением базы шпангоута снижаются затраты на основные материалы. Уменьшается также длина стыкового шва. Следовательно, выравнивается уровень напряжений по шву, что позволяет унифицировать диаметры отверстий и болтов крепления шпангоута. В этом случае потребуется всего один инструмент для получения отверстий.

Экономия от снижения массы шпангоута

$$\mathcal{E}_2 = \Delta m \cdot \zeta = 20 \cdot 1,2 = 20,4 \text{ руб.}$$

Величиной экономии на расходах на инструмент можно пренебречь.

Экономия на стадии эксплуатации

$$\mathcal{E}_3 = \mathcal{E}_3' + \mathcal{E}_3''$$

где \mathcal{E}_3' - экономия от повышения ресурса;

\mathcal{E}_3'' - экономия от снижения массы конструкции.

Рассчитать величину экономии от повышения ресурса конструкции затруднительно, приведем качественную оценку.

Так, уровень напряжений в конструкции характеризуется эквивалентными напряжениями $\sigma_{\text{ЭКВ}}$. А ресурс конструкции t_c есть величина обратно пропорциональная $\sigma_{\text{ЭКВ}}$, т.е. при снижении $\sigma_{\text{ЭКВ}}$ увеличивается t_c .

Эквивалентные напряжения рассчитываются по формуле

$$\sigma_{\text{ЭКВ}} = \sqrt{\sigma_n^2 + 3\sigma_{\text{СТ}}^2}$$

где σ_n - напряжения в поясах;

$\sigma_{\text{СТ}}$ - касательные напряжения в стенке.

После оптимизации строительной базы шпангоута мы получаем равнопрочную конструкцию, т.е. $\sigma_n \approx |\sigma|$. К тому же при базе 317...350 мм касательные напряжения равны нулю, и σ_n принимает минимальное значение. $\sigma_{\text{ЭКВ}} = \min$, следовательно, ресурс конструкции будет максимальным.

Экономия от снижения массы конструкции

$$\mathcal{E}_3'' = (C_{\text{ТКМ}_1} - C_{\text{ТКМ}_2}) V_{\text{КОМ}} K_B \cdot V_{\text{РЕИС}} T_r$$

где $C_{ТКМ1}$, $C_{ТКМ2}$ - себестоимость перевозки одного ткм при обычной и улучшенной конструкции шпангоута.

$$C_{ТКМ2} = C_{ТКМ1} \frac{B_{КОМ1}}{B_{КОМ2}}$$

где $B_{КОМ1}$, $B_{КОМ2}$ - коммерческая нагрузка при обычной и улучшенной конструкциях шпангоута.

$$C_{ТКМ2} = 1,9 \cdot \frac{40}{40,02} = 18,98 \text{ коп.}$$

$$\mathcal{E}_3'' = \frac{19 - 18,98}{100} 40,02 \cdot 0,7 \cdot 9000 \cdot 2900 = 8012 \text{ руб.}$$

Таким образом, суммарный экономический эффект от использования шпангоута № 50 улучшенной конструкции составит

$$\mathcal{E} = 8012 + 20,4 = 8032,4 \text{ руб в год на одну машину.}$$

Условно принимаем, что затраты на проектирование шпангоута с использованием системы РИПАК не превысят затрат на эту работу при существующих методах проектирования. При выпуске 4 машин в год годовая экономия

$$\mathcal{E}_r = 8032,4 \cdot 4 = 32129,6 \text{ руб.}$$

2.3.2. Определение фактической экономической эффективности применения системы автоматизированного проектирования технологии (на примере заготовительно-штамповочного производства авиапредприятия)

П о с т а н о в к а з а д а ч и

Обосновать целесообразность внедрения САПР-ТП на основе определения фактической экономической эффективности ее использования для проектирования технологических процессов в цехе заготовительно-штамповочного производства авиационного предприятия.

И с х о д н ы е д а н н ы е

Общее количество технологических процессов, проектируемых для данного цеха за год - 58000 штук. Удельный вес выборочной совокупности в общем объеме производства - 0,25.

Снижение трудоемкости технологических операций, выполняемых на оборудовании цеха, вследствие внедрения САПР-ТП - 25 %.

Годовая норма амортизации активной части основных фондов - 10 %.

Коэффициент использования оборудования по мощности привода - 0,85.

Коэффициент использования электропривода оборудования цеха во времени - 0,82.

Р а с ч е т э к о н о м и ч е с к о й
э ф ф е к т и в н о с т и в н е д р е н и я
С А П Р - Т П

1. Общее количество технологических процессов, проектируемых в данном производственном подразделении за год по деталям i -й группы сложности контура ($\Gamma_{СК}$):

$$Q_i = Q \cdot \gamma_i, \text{ шт.}$$

где Q - общее количество технологических процессов, проектируемых в данном производственном подразделении за год, по заданию $Q = 58000$ шт.;

γ_i - удельный вес технологических карт по деталям i -й группы сложности в выборочной совокупности (см. [7, табл.8]).

$$\Gamma_{СК1} \quad Q_1 = 58000 \cdot 0,204 = 11832 \text{ шт.};$$

$$\Gamma_{СК2} \quad Q_2 = 58000 \cdot 0,0262 = 1519 \text{ шт.};$$

$$\Gamma_{СК3} \quad Q_3 = 58000 \cdot 0,047 = 2726 \text{ шт.};$$

$$\Gamma_{СК4} \quad Q_4 = 58000 \cdot 0,0085 = 493 \text{ шт.};$$

$$\Gamma_{СК5} \quad Q_5 = 58000 \cdot 0,0651 = 3776 \text{ шт.};$$

$$\Gamma_{СК6} \quad Q_6 = 58000 \cdot 0,1291 = 7488 \text{ шт.};$$

$$\Gamma_{СК7} \quad Q_7 = 58000 \cdot 0,0 = 0 \text{ шт.};$$

$$\Gamma_{СК8} \quad Q_8 = 58000 \cdot 0,5198 = 30148 \text{ шт.}$$

2. Трудоемкость проектирования одного технологического процесса на изготовление детали i -й группы сложности до внедрения САПР-ТП (при ручном проектировании):

$$t_i = t_0 \alpha_i, \text{ ч.}$$

где t_0 - трудоемкость проектирования технологического процесса базовой детали до внедрения САПР-ТП, ч. (см. [7, табл.7]);

d_i - коэффициент приведения показателей аналога в сопоставимый вид по условиям данного производства при проектировании технологии. Значения d_i принимаются в соответствии с группой сложности контура детали (см. [7, табл.7]).

$$ГСК1 \quad t_1 = 0,83 \cdot 0,64 = 0,53 \text{ ч};$$

$$ГСК2 \quad t_2 = 0,83 \cdot 0,85 = 0,71 \text{ ч};$$

$$ГСК3 \quad t_3 = 0,83 \cdot 1,0 = 0,83 \text{ ч};$$

$$ГСК4 \quad t_4 = 0,83 \cdot 1,0 = 0,83 \text{ ч};$$

$$ГСК5 \quad t_5 = 0,83 \cdot 1,07 = 0,9 \text{ ч};$$

$$ГСК6 \quad t_6 = 0,83 \cdot 1,3 = 1,1 \text{ ч};$$

$$ГСК8 \quad t_8 = 0,83 \cdot 1,6 = 1,3 \text{ ч}.$$

3. Общая трудоемкость проектирования техпроцессов в заготовительно-штамповочном цехе за год до внедрения САПР-ТП:

$$T = \sum_{i=1}^8 Q_i \cdot t_i = 11832 \cdot 0,53 + 1619 \cdot 0,71 + 2726 \cdot 0,83 + 403 \cdot 0,83 + 3776 \cdot 0,9 + 7488 \cdot 1,1 + 30148 \cdot 1,3 = 60849 \text{ ч}.$$

4. Трудоемкость проектирования одного технологического процесса на изготовление детали i -й группы сложности при внедрении САПР-ТП (для детали любой группы сложности контура):

$$t_M = 0,45 \text{ ч. (см. [7, табл. 7])}.$$

5. Общая трудоемкость проектирования технологических процессов в заготовительно-штамповочном цехе за год при внедрении САПР-ТП:

$$T_M = \sum_{i=1}^8 Q_i \cdot t_M = 58000 \cdot 0,45 = 26100 \text{ ч}.$$

6. Себестоимость проектирования технологических процессов до внедрения САПР-ТП:

$$C_0 = T_0 \cdot C_c^{\text{НТР}} \cdot \beta, \text{ руб.},$$

где $C_c^{\text{НТР}}$ - часовая тарифная ставка работников, занятых проектированием технологии, руб. (см. [7, табл.16]);

β - интегральный коэффициент, учитывающий начисления к зарплате. Значение β для данного подразделения принимается равным 2,3.

$$C_0 = 58000 \cdot 0,76 \cdot 2,3 = 101384 \text{ руб.}$$

7. Себестоимость проектирования технологических процессов при внедрении САПР-ТП:

$$C_1 = T_M (U_C^{\text{ИТР}} U_{\text{код}} + U_C^{\text{ИТР}} \cdot U_{\text{ПР}} + U_C^{\text{ИТР}} U_{\text{оп}}) + T_M U_{\text{ЭВМ}} C_{\text{мч}}, \text{ руб.},$$

где $U_{\text{код}}$ - доля затрат времени кодировщиком;
 $U_{\text{ПР}}$ - доля затрат времени перфораторщиком;
 $U_{\text{оп}}$ - доля затрат времени оператором;
 $U_{\text{ЭВМ}}$ - доля затрат времени работы ЭВМ при проектировании;
 $C_{\text{мч}}$ - стоимость машино-часа работы ЭВМ, руб.

Все значения параметров принимаются по справочным материалам.

$$C_1 = 26100 (0,4 \cdot 0,74 + 0,4 \cdot 0,22 + 0,6 \cdot 0,04) \cdot 2,3 + 26100 \cdot 0,04 \times 20,4 = 45789,8 \text{ руб.}$$

8. Удельный расход материалов при изготовлении деталей i -й группы сложности контура до внедрения САПР-ТП:

$$\begin{array}{ll} \Gamma_{\text{СК1}} t_{\text{МЗ1}} = 0,698 \text{ кг;} & \Gamma_{\text{СК5}} t_{\text{МЗ5}} = 0,032 \text{ кг;} \\ \Gamma_{\text{СК2}} t_{\text{МЗ2}} = 0,317 \text{ кг;} & \Gamma_{\text{СК6}} t_{\text{МЗ6}} = 0,771 \text{ кг;} \\ \Gamma_{\text{СК3}} t_{\text{МЗ3}} = 0,058 \text{ кг;} & \Gamma_{\text{СК8}} t_{\text{МЗ8}} = 0,698 \text{ кг.} \\ \Gamma_{\text{СК4}} t_{\text{МЗ4}} = 0,068 \text{ кг;} & \end{array}$$

Значения $t_{\text{МЗ}i}$ см. в работе [7, табл.7].

9. Удельный расход материалов при изготовлении деталей i -й группы сложности контура при внедрении САПР-ТП:

$$\begin{array}{ll} \Gamma_{\text{СК1}} t_{\text{МЗ1}} = 0,697 \text{ кг;} & \Gamma_{\text{СК5}} t_{\text{МЗ5}} = 0,036 \text{ кг;} \\ \Gamma_{\text{СК2}} t_{\text{МЗ2}} = 0,285 \text{ кг;} & \Gamma_{\text{СК6}} t_{\text{МЗ6}} = 0,659 \text{ кг;} \\ \Gamma_{\text{СК3}} t_{\text{МЗ3}} = 0,036 \text{ кг;} & \Gamma_{\text{СК8}} t_{\text{МЗ8}} = 0,667 \text{ кг.} \\ \Gamma_{\text{СК4}} t_{\text{МЗ4}} = 0,067 \text{ кг;} & \end{array}$$

10. Объем выпуска деталей i -й группы сложности контура (по выборочной совокупности):

$$\begin{array}{ll} \Gamma_{\text{СК1}} V_1 = 11600 \text{ шт;} & \Gamma_{\text{СК5}} V_5 = 23780 \text{ шт;} \\ \Gamma_{\text{СК2}} V_2 = 4060 \text{ шт;} & \Gamma_{\text{СК6}} V_6 = 6960 \text{ шт;} \\ \Gamma_{\text{СК3}} V_3 = 5800 \text{ шт;} & \Gamma_{\text{СК8}} V_8 = 5800 \text{ шт.} \\ \Gamma_{\text{СК4}} V_4 = 4060 \text{ шт;} & \end{array}$$

Значения V_i принимаются по заданию.

II. Трудоемкость изготовления детали i -й группы сложности контура до внедрения САПР-ТП:

$$\begin{array}{ll} \Gamma_{СК1} & t_{пр1} = 0,122 \text{ н/ч}; & \Gamma_{СК5} & t_{пр5} = 0,076 \text{ н/ч}; \\ \Gamma_{СК2} & t_{пр2} = 0,162 \text{ н/ч}; & \Gamma_{СК6} & t_{пр6} = 0,215 \text{ н/ч}; \\ \Gamma_{СК3} & t_{пр3} = 0,088 \text{ н/ч}; & \Gamma_{СК8} & t_{пр8} = 0,517 \text{ н/ч}. \\ \Gamma_{СК4} & t_{пр4} = 0,11 \text{ н/ч}; \end{array}$$

Значения $t_{прi}$ см. в [7, табл.9].

12. Трудоемкость изготовления детали i -й группы сложности контура при внедрении САПР-ТП:

$$\begin{array}{ll} \Gamma_{СК1} & t_{пр1} = 0,112 \text{ н/ч}; & \Gamma_{СК5} & t_{пр5} = 0,054 \text{ н/ч}; \\ \Gamma_{СК2} & t_{пр2} = 0,121 \text{ н/ч}; & \Gamma_{СК6} & t_{пр6} = 0,185 \text{ н/ч}; \\ \Gamma_{СК3} & t_{пр3} = 0,062 \text{ н/ч}; & \Gamma_{СК8} & t_{пр8} = 0,389 \text{ н/ч}. \\ \Gamma_{СК4} & t_{пр4} = 0,058 \text{ н/ч}; \end{array}$$

Значения $t_{прi}$ см. в [7, табл.9].

13. Стоимость активной части основных фондов

$$Ц_{аф} = 924 \text{ тыс.руб.}$$

14. Годовая норма амортизации активной части основных фондов.

$$A_{оф} = 10 \% \text{ (по данным предприятия).}$$

15. Затраты на устранение ошибок проектирования при внедрении САПР-ТП:

$$\begin{aligned} Z_{н.о.} &= T_m \cdot U_m \cdot C_c^{нтр} \cdot P + T_m \cdot U_{ЭВМ} \cdot C_{мч} = \\ &= 26100 \cdot 0,0073 \cdot 0,6 \cdot 23 + 26100 \cdot 0,0037 \cdot 20,4 = 2233 \text{ руб.} \end{aligned}$$

Значения U_m и $U_{ЭВМ}$ см. в [7, табл.4].

16. Капитальные затраты на внедрение САПР-ТП

$$K_1 = K_{пп} + K_m - K_0, \text{ тыс. руб.},$$

где $K_{пп}$ - производственные затраты, связанные с созданием и внедрением САПР-ТП, тыс.руб;

K_m - стоимость ЭВМ и технических средств, необходимых для создания САПР-ТП, тыс.руб;

K_0 - экономия капитальных затрат.

По данным предприятия $K_1 = 23,0$ тыс.руб.

Расчет годовой экономии и срока окупаемости затрат

1. Экономия, получаемая от снижения себестоимости проектирования технологических процессов:

$$\mathcal{E}_1 = C_0 - C_1, \text{ руб.}$$

$$\mathcal{E}_1 = 106384 - 45789,8 = 60594,2 \text{ руб.}$$

2. Экономия, получаемая от снижения себестоимости работ, выполняемых работниками в сопряженных видах деятельности по управлению производством:

$$\mathcal{E}_2 = \sum_{q=1}^P t_{\text{э}q} \mu_q \cdot \overset{\text{НТР}}{C_c} \cdot \beta, \text{ руб.},$$

где $t_{\text{э}q}$ - средняя трудоемкость выполнения q -го этапа работ в сопряженных видах деятельности, н/ч, определяется хронометражным наблюдением (см. [7, табл.3]);

μ - коэффициент снижения трудоемкости в результате внедрения САПР-ТП в сопряженных видах деятельности управления производством, по данным предприятия

$\mu = 0,20$ (см. также [7, табл.3]);

$\overset{\text{НТР}}{C_c}$ - тарифная часовая ставка работников, занятых выполнением данного вида работ, руб., по нормативам $\overset{\text{НТР}}{C_c} = 0,8$ руб.;

q - количество этапов, видов работ.

$$\mathcal{E}_2 = (400 + 720 + 2600) \cdot 0,20 \cdot 0,8 \cdot 2,3 = 1221,76 \text{ руб.}$$

3. Экономия, получаемая в результате изменения материалоемкости деталей:

$$\mathcal{E}_{\text{мз}} = \frac{\sum_{i=1}^n (t_{\text{мз}i} - t_{\text{мз}i}) V_i \cdot C_i}{C_{\text{вс}}} \cdot 100, \text{ руб.},$$

где C_i - оптовая цена единицы материала, руб., по данным предприятия;

$C_{\text{вс}}$ - доля выборочной совокупности в общем объеме производства, %, по условию $C_{\text{вс}} = 25$ %.

$$\begin{aligned} \mathcal{E}_{\text{мз}} = & [(0,698 - 0,697) \cdot 11600 + (0,317 - 0,285) \cdot 4060 + \\ & + (0,058 - 0,036) \cdot 5800 + (0,068 - 0,067) \cdot 4060 + \\ & + (0,032 - 0,036) \cdot 23780 + (0,771 - 0,659) \cdot 6960 + \end{aligned}$$

$$+ (0,698 - 0,667) \cdot 5800] \cdot 1 \cdot 0,25 = 4550 \text{ руб.}$$

4. Экономия, получаемая в результате изменения затрат электроэнергии:

$$\mathcal{E}_{\text{эл}} = N_{\text{пр}} \cdot \Delta t_{\text{пр}} \cdot K_{\text{исп.вр}} \cdot K_{\text{исп.м}} \cdot U_{\text{эл}} \cdot \frac{100}{U_{\text{вс}}}, \text{ руб.},$$

где $N_{\text{пр}}$ - мощность привода, кВт, по данным предприятия

$$N_{\text{пр}} = 45132,36 \text{ кВт};$$

$\Delta t_{\text{пр}}$ - снижение трудоемкости технологических операций, выполняемых на данном оборудовании, н./ч,
 $\Delta t_{\text{пр}} = 0,25$ (см. [7, табл.3]);

$K_{\text{исп.вр}}$ - коэффициент использования электропривода во времени;

$K_{\text{исп.м}}$ - коэффициент использования мощности. Используются фактические значения коэффициентов $K_{\text{исп.вр}}$ и $K_{\text{исп.м}}$ приведенные в задании;

$U_{\text{эл}}$ - цена в I кВт/ч электроэнергии, руб., $U_{\text{эл}} = 0,007$ руб. (см. [7, табл.2]).

$$\mathcal{E} = \frac{45132,36 \cdot 0,25 \cdot 0,82 \cdot 0,85 \cdot 0,007 \cdot 100}{25} = 2020,6 \text{ руб.}$$

5. Экономия, получаемая в результате изменения трудовых затрат:

$$\mathcal{E}_{\text{тз}} = \frac{\sum_{i=1}^n V_i (t_{\text{пр}i} - t_{\text{пр}i}') \cdot \mathcal{C}_c^p \cdot 1,15 \cdot 100}{U_{\text{вс}}}, \text{ руб.},$$

где \mathcal{C}_c^p - часовая тарифная ставка рабочего, руб.,
 по заданию $\mathcal{C}_c^p = 0,61$ руб;

$$\begin{aligned} \mathcal{E}_{\text{тз}} &= (0,122 - 0,112) \cdot 11600 + (0,162 - 0,121) \cdot 4060 + \\ &+ (0,088 - 0,062) \cdot 5800 + (0,11 - 0,058) \cdot 4060 + \\ &+ (0,076 - 0,054) \cdot 23780 + (0,215 - 0,185) \cdot 6960 + \\ &+ (0,517 - 0,389) \cdot 5800 \cdot 0,61 \cdot 1,15 \cdot 0,25 = 6627 \text{ руб.} \end{aligned}$$

6. Экономия, получаемая в результате сокращения затрат на амортизацию:

$$\mathcal{E}_a = \mathcal{C}_{\text{оф}} \cdot A_{\text{оф}} \cdot \Delta t_{\text{пр}} = 924000 \cdot 0,1 \cdot 0,25 = 23100 \text{ руб.}$$

7. Срок окупаемости капитальных вложений в САПР-ТП

$$T_{ок} = \frac{K_1 + K_y}{\mathcal{E}_1 + \mathcal{E}_y + \mathcal{E}_{мб} + \mathcal{E}_{\frac{1}{3}} \cdot \mathcal{E}_{ТЗ} + \mathcal{E}_a - \mathcal{E}_{н.д}} =$$

$$= \frac{2300}{60594,2 + 1221,76 + 4550 + 2020,6 + 6627 + 23100 - 2233} =$$

$$= 0,25 \text{ года.}$$

8. Расчетный коэффициент экономической эффективности дополнительных капитальных вложений:

$$E_p = \frac{1}{T_{ок}} = \frac{1}{0,25} = 4, \quad E_p \gg E_n.$$

На основании анализа расчетных значений показателей экономической эффективности можно сделать вывод о том, что применение САПР-ТП для данных условий экономически целесообразно.

3. ПРИМЕРЫ ЭКОНОМИЧЕСКОГО ОБОСНОВАНИЯ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПО МЕТОДУ ОТНОСИТЕЛЬНЫХ ВЕЛИЧИН

3.1. Примеры экономического обоснования конструкторских разработок

3.1.1. Определение изменения технико-экономических показателей (цикла сборочных работ) по сопоставимым телескопическим (взаимозаменяемым) и фланцевым КЭР

Применение телескопических разъемов обеспечивает снижение веса конструкции. В то же время остается неясным вопрос о характере ряда производственных и эксплуатационных показателей, среди которых важное место занимает величина цикла сборки агрегата.

Возможен, естественно, и такой случай, когда применение телескопического разъема может дать увеличение цикла. Поскольку увеличение возможно в определенных пределах (10...15%), то необходимо сделать соответствующие сопоставительные расчеты.

Примем, что $\lambda_A = \frac{U_T}{U_\phi} \leq 1, 1 \dots 1, 15;$

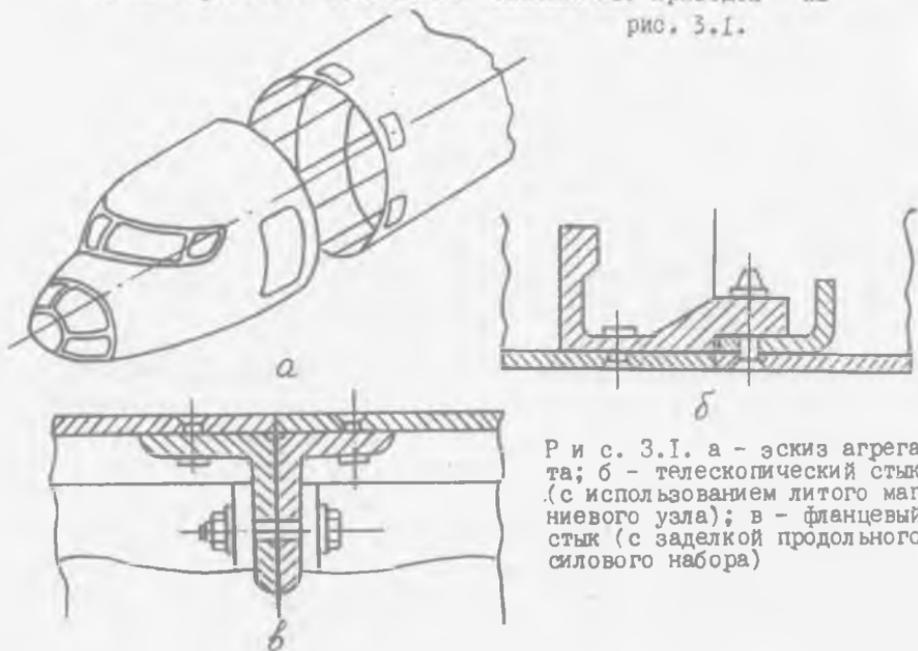
$\lambda_B = \frac{U_T}{U_\phi} \leq 1, 1 \dots 1, 15.$

Математическая модель величин λ_A и λ_B следующая:

$$\lambda_A = \frac{1 + \left(\frac{0,5}{x} + 1\right) a_m \cdot W \delta_2 + 0,5 a_T \delta_c}{\frac{1}{\varphi \cdot a_0 \delta_{1T}} + \frac{\left(\frac{0,5}{x} + 1\right) a_m \cdot W \delta_2}{\delta_{2T}} + \frac{0,5 a_T \delta_c}{\varphi \cdot a_0 \delta_{1T}}};$$

$$\lambda_B = \frac{1 + \left(\frac{1}{x} + 2\right) a'_m \cdot W \delta'_2 + a'_T \delta'_c}{\frac{1}{0,5 \cdot \varphi \cdot a'_0 \delta'_{1T}} + \frac{\left(\frac{1}{x} + 2\right) a'_m \cdot W \delta'_2}{\delta'_{2T}} + \frac{a'_T \delta'_c}{\varphi \cdot a'_0 \delta'_{1T}}};$$

Эскиз агрегата с возможными схемами КЭР приведен на рис. 3.1.



Р и с. 3.1. а - эскиз агрегата; б - телескопический стык (с использованием литого магнетического узла); в - фланцевый стык (с заделкой продольного силового набора)

Исходные данные (значения входящих величин) для расчета \mathcal{L}_A и \mathcal{L}_B по агрегату следующие:

$$\begin{aligned}
 P_{OT} &= 120; & t_m &= 0,04 \text{ мин}; & \delta_2 &= 1,0; \\
 P_{OP} &= 84; & t_{OT} &= 0,12 \text{ мин}; & \delta_c &= 1,0; \\
 Z_{\varphi} = Z_T &= 284; & t'_{OT} &= 0,44 \text{ мин}; & \delta_2' &= 0,9; \\
 \beta &= 1,0; & t_H &= 0,08 \text{ мин}; & \delta_c' &= 1,0; \\
 t_{5\varphi} &= 0,75 \text{ мин}; & t_{\delta T} &= 0,6 \text{ мин}; & \delta_{IT} &= 1,0; \\
 & & t_{OP} &= 0,09 \text{ мин}; & \delta_{IT}' &= 0,5; \\
 & & t_{ET} &= 1,0; & \delta_{ET} &= 1,0.
 \end{aligned}$$

Расчет величин $\gamma_{IT}, \gamma_{2T}, \gamma_{ET}, \gamma_2, \gamma_c$:

$$\gamma_{IT} = \frac{P_{I\varphi}}{P_{IT}}; \quad \gamma_{2T} = \frac{P_{2\varphi}}{P_{2T}}; \quad \gamma_{ET} = \frac{P_{c\varphi}}{P_{ET}}; \quad \gamma_2 = \frac{P_{I\varphi}}{P_{2T}}; \quad \gamma_c = \frac{P_{IT}}{P_{ET}}.$$

Значения P_i , чел. приведены в табл.3.1

Таблица 3.1

Вид КЭР		Получение отверстий в стыковочных профилях	Сборка элементов				Стыковка отсеков			
			стыка							
			D				D			
			до 1м	до 2м	до 3м	4 м и выше	до 1м	2м	3м	4 м и выше
Теле-скопический	взаимозаменяемый	2	2	2	4	4	2	2	4	6
	невзаимозаменяемый	1	2	2	4	4	2	2	4	6
Фланцевый	с постановкой болтов через лючки	2	2	2	4	4	2	2	4	4
	с постановкой болтов изнутри агрегата	2	2	4	4	4	2	4	4	4

Расчет промежуточных величин:

$$x = \frac{\rho_{or}}{z_T} = \frac{120}{284} = 0,42;$$

$$a_m = \frac{t_m}{t_{or}} = \frac{0,04}{0,12} = 0,33;$$

$$W = (1 - \beta) + \beta \alpha = (1 - 1) + 1 \cdot 2;$$

$$W = 2,0; \quad \beta_e = 1,0;$$

$$a_T = \frac{t_{or}}{t_{or}} = \frac{0,6}{0,12} = 5,0;$$

$$\beta_c = 1,0; \quad \beta_{cr} = 1,0;$$

$$a'_T = \frac{t_{or}}{t'_{or}} = \frac{0,6}{0,44} = 1,36;$$

$$a'_0 = \frac{t_{or}}{t_{o\phi}} = \frac{0,44}{0,09} = 4,9;$$

$$a'_m = \frac{t_m}{t'_{or}} = \frac{0,04}{0,44} = 0,09.$$

$$a = \frac{t_H}{t_m} = \frac{0,08}{0,04} = 2,0;$$

$$\varphi = \frac{\rho_{or}}{\rho_{o\phi}} = \frac{120}{84} = 1,43;$$

$$a_0 = \frac{t_{or}}{t_{o\phi}} = \frac{0,12}{0,09} = 1,33;$$

$$\beta_{rr} = 1,0;$$

$$\beta_{zT} = 1,0;$$

$$a'_0 = \frac{t_{or}}{t_{o\phi}} = \frac{0,12}{0,75} = 0,16$$

Расчет величин λ_A и λ_B :

$$\lambda_A = \frac{1 + \left(\frac{0,5}{0,42} + 1\right) 0,33 \cdot 2,0 \cdot 1,0 + 0,5 \cdot 5,0 \cdot 1,0}{1,43 \cdot 1,33 \cdot 1,0 + \frac{\left(\frac{0,5}{0,42} + 1\right) 0,33 \cdot 2,0 \cdot 1,0}{1,0} + \frac{0,5 \cdot 5,0 \cdot 1,0}{1,43 \cdot 0,16 \cdot 1,0}} = 0,38;$$

$$\lambda_B = \frac{1 + \left(\frac{1}{0,42} + 2\right) 0,09 \cdot 2,0 \cdot 0,9 + 1,36 \cdot 1,0}{0,5 \cdot 1,43 \cdot 4,9 \cdot 0,5 + \frac{\left(\frac{1}{0,42} + 2\right) 0,09 \cdot 2,0 \cdot 0,9}{1,0} + \frac{1,36 \cdot 1,0}{1,43 \cdot 0,16 \cdot 1,0}} = 0,43.$$

Выводы:

1. Цикл сборки агрегата с телескопическим взаимозаменяемым КЭР короче цикла сборки с фланцевым КЭР на 62%. Это обеспечивает удобством выполняемых работ при стыковке агрегатов.

2. Цикл сборки агрегата с телескопическим невзаимозаменяемым разъемом также короче цикла сборки с фланцевым КЭР, но на меньшую величину (на 57%), однако длиннее первого варианта на 13%.

3. С точки зрения весовых данных и длительности сборочных работ целесообразнее телескопический КЭР.

3.1.2. Изменение приведенных затрат по рассматриваемым конструктивно-эксплуатационным разъемам.

Изменение приведенных затрат по рассматриваемым конструктивно-эксплуатационным разъемам:

$$\theta_{ci} = \frac{C_{ct}}{C_{\phi}} = 0,185(0,5g + p_i + 0,0\lambda_i + 3,0 \cdot w_{ci}),$$

где $g = \frac{G_T}{G_{\phi}} = \frac{4,8 \pi \cdot D}{7,5 \pi \cdot D} = 0,64$ (здесь 4,8 кг и 7,5 кг - вес погонного метра конструкции см. рис. I. I).

От характера взаимозаменяемости вес конструкции не меняется.

$$w_{ci} = \frac{V_{ct}}{V_{c\phi}} = 1,531; \quad w'_{ci} = \frac{V'_{ct}}{V_{c\phi}} = 0,547.$$

Значения w_{ci} приведены в табл. 3.2.

Таблица 3.2

Вид КЭР	N год					
	24	48	72	96	120	144
Телескопический взаимозаменяемый	1,688	1,667	1,626	1,584	1,553	1,531
Телескопический невзаимозаменяемый	0,365	0,385	0,442	0,573	0,508	0,547

Расчет изменения трудоемкости по рассматриваемым разъемам:

$$\beta_A = \frac{1 + \left(\frac{0,5}{x} + 1\right) a_m \cdot W + 0,5 a_T}{\frac{1}{4 \cdot a_0} + \frac{\left(\frac{0,5}{x} + 1\right) a_m W}{1,0} + \frac{0,5 \cdot a_T}{4 \cdot a_0}}$$

$$\beta_B = \frac{1 + (\frac{1}{x} + 2) a'_m W + a_T}{\frac{1}{0,5 \varphi \cdot a'_0} + (\frac{1}{x} + 2) a'_m W + \frac{a_T}{\varphi \cdot a'_0}}$$

Подставив значения промежуточных величин, получим:

$$\beta_A = \frac{1 + (\frac{0,5}{0,42} + 1) \cdot 0,33 \cdot 2,0 + 0,5 \cdot 5,0}{\frac{1}{1,43 \cdot 1,33} + \frac{(\frac{0,5}{0,42} + 1) \cdot 0,33 \cdot 2,0}{1,0} + \frac{0,5 \cdot 5,0}{1,43 \cdot 0,16}} = 0,39.$$

$$\beta_B = \frac{1 + (\frac{1}{0,42} + 2) \cdot 0,09 \cdot 2,0 + 1,36}{0,5 \cdot 1,43 \cdot 4,9 + (\frac{1}{0,42} + 2) \cdot 0,09 \cdot 2,0 + \frac{1,36}{1,43 \cdot 0,16}} = 0,5.$$

Теперь можно рассчитать величины:

$$Q_{ci} = 0,185 (0,5 \cdot 0,64 + 0,39 + 0,9 \cdot 0,38 + 3,0 \cdot 1,531) = 1,044;$$

$$Q'_{ci} = 0,185 (0,5 \cdot 0,64 + 0,5 + 0,9 \cdot 0,43 + 3,0 \cdot 0,547) = 0,527.$$

Выводы:

1. Величина приведенных затрат по телескопическому взаимозаменяемому КЭР больше по отношению к фланцевому разъему на 4,4%. Это объясняется сложностью и высокой стоимостью оснастки.

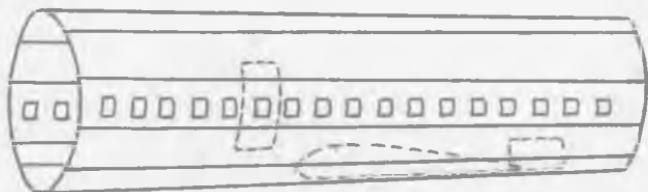
2. При сравнении телескопического невзаимозаменяемого разъема с фланцевым при выбранных программах выпуска приведенные затраты ниже на 47%. Но окончательного вывода делать нельзя, так как не учтено изменение затрат на замену невзаимозаменяемого агрегата в условиях эксплуатации изделия.

3.2. Примеры экономического обоснования технологических разработок

3.2.1. Технико-экономическое обоснование технологического членения средней части фюзеляжа

Фюзеляж пассажирского самолета состоит из ряда отсеков. В

качестве примера рассматривается средняя часть фюзеляжа (см. рис. 3.2), в условиях панелированной сборки которой возможно применение следующих процессов: В - схемы сборки, при которой сверлильно-клепальные работы на панелях механизированы, а монтажные работы выполняются на панелях; Г - схемы сборки, при которой сверлильно-клепальные работы механизированы, а монтажные работы выполняются на агрегате после стыковки панелей.



Р и с. 3.2. Эскиз отсека

Здесь в качестве критериев оценки указанных схем сборки агрегата приняты изменение трудоемкости сборочных работ β_{0i} и величины цикла сборки λ_i , математические выражения которых приведены в главе I.

$$\beta_{0B} = 0,6 \frac{1 + \psi m_i [1 - \beta(1 - a_m)]}{1 - \beta(1 - a_m)} + 0,4 \frac{1 + \psi m_i [1 - \beta(1 - a)]}{1 - \beta(1 - a)}$$

$$\beta_{0Г} = 0,6 \frac{1 + \psi m_i [1 - \beta(1 - a_m)]}{1 - \beta(1 - a_m)} - 0,4 i$$

$$\lambda_B = \frac{\frac{0,6}{m_i \tau} + \frac{0,4 \beta_a}{\beta_B}}{1 - \beta + a_m \beta} + \left(0,6 + 0,4 \frac{\beta_A}{\beta_B} \right) \psi m_i$$

$$\lambda_{Г} = \frac{\frac{0,6}{m_i \tau} + \frac{0,4}{\beta_{Г}}}{1 - \beta + a_m \beta} + \left(0,6 + \frac{0,4}{\beta_{Г}} \right) \psi m_i$$

Полученные расчетные значения величин приведены в табл.3.3.

Т а б л и ц а 3.3

m_i	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ψ	0,0834	0,0944	0,1053	0,1163	0,1272	0,1362	0,1492	0,1601	0,171
a	1,05	1,16	1,24	1,3	1,35	1,39	1,39	1,39	1,39
a_m	1,9	2,3	2,5	2,6	2,64	2,67	2,69	2,69	2,69
β_a	0,9615	0,9523	0,9432	0,9384	0,9156	0,9095	0,9205	0,9314	0,942
β_B	0,7166	0,6363	0,6158	0,5623	0,5731	0,5786	0,5865	0,5903	0,605
β_r	0,6770	0,5973	0,5725	0,5775	0,5721	0,5768	0,5868	0,5901	0,606
β_{00}	0,8146	0,7627	0,7467	0,7127	0,7101	0,7110	0,7201	0,7267	0,742
β_{01}	0,8062	0,7584	0,7435	0,7406	0,7403	0,7473	0,7521	0,7541	0,765
γ	0,5268	0,7956	1,0537	1,322	1,580	1,849	2,107	2,376	2,634
α_B	0,7476	0,5405	0,4895	0,4803	0,4762	0,4672	0,4734	0,4754	0,489
α_r	0,7631	0,5831	0,5296	0,5105	0,5045	0,5033	0,5051	0,5134	0,522

1. При оценке конструктивно-технологического решения по данному агрегату наиболее целесообразным вариантом панелирования следует признать:

по трудоемкости - $m_i = 6$ панелей;

по длительности циклов - $m_i = 7$ панелей.

Однако здесь возможны также варианты. Если будет принят вариант членения $m = 6$, то для него надо рекомендовать схему сборочного процесса В.

Если будет принят вариант с $m = 7$, то наиболее целесообразная схема сборки В. Она даст экономию времени по продолжительности выполняемых сборочных работ на

$$\frac{0,5033}{0,4672} - 1 = 0,077, \text{ т.е. на } 7,7 \%$$

2. Но данный агрегат изготавливается на предприятии с $m = 8$ панелей (восемь продольных разрезов). Видно, что и с точки зрения минимальной трудоемкости и с точки зрения минимального цикла наиболее целесообразной является схема В.

3. Чтобы получить более комплексное представление о принятом технологическом решении, необходимо провести анализ изменения приведенных затрат по рассматриваемым вариантам.

3.2.2. Оценка технологического членения средней части фюзеляжа по изменению приведенных затрат

Оценка различных вариантов технологического членения агрегатов m_i , а также возможных схем сборочных процессов (А, Б, В, Г) по величине трудоемкости A_i или длительности цикла L_i - важный элемент в экономическом обосновании технического решения, но далеко не достаточный.

Нужен обобщающий критерий, тем более, что, как видно из предыдущего примера, рекомендации по минимальной трудоемкости и минимальному циклу противоречивы.

Таким обобщающим критерием являются приведенные затраты, а их соотношение по сравниваемым вариантам и будет тем набором ориентировочных данных, по которым и будет определен оптимальный вариант:

$$\theta_i = \frac{C_m}{C_H} = 0,313(\rho_{01} + 0,5L_i + 1,7L_i)$$

Математические выражения расчета величин α :

$$\alpha_B = \frac{\frac{0,6W_i}{r} + 0,4 \frac{\rho_A}{\rho_B}}{1 - \beta + \alpha_m \cdot \beta} + (0,6 + 0,4 \frac{\rho_A}{\rho_B}) \psi m_i$$

$$\alpha_r = \frac{\frac{0,6W_i}{r} + \frac{0,4}{\rho_r}}{1 - \beta + \alpha_m \beta} + (0,6 + \frac{0,4}{\rho_r}) \psi m_i$$

где $W_i = \frac{V_m}{V_H}$ - отношение стоимости стапеля сборки одной панели к стоимости стапеля сборки непанелированного агрегата.

Полученные расчетные значения величин приведены в табл.3.4.

Т а б л и ц а 3.4

m_i	2	3	4	5	6	7	8	9	10
W_i	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,35	0,3	0,25	0,2
α_3	0,9507	0,7697	0,5735	0,5401	0,5096	0,4953	0,4953	0,4903	0,4897
α_1	0,9671	0,8012	0,6227	0,5721	0,5439	0,5329	0,5229	0,5243	0,5287
θ_3	0,8778	0,7328	0,6151	0,5855	0,5679	0,5600	0,5637	0,5647	0,5724
θ_r	0,9000	0,7549	0,6469	0,6160	0,6000	0,5962	0,5976	0,5993	0,6124

В ы в о д ы:

1. Оценка вариантов по дополнительному частному критерию, каким является d_i , дает оптимальное число m_i , большее десяти для схемы В и равное восьми для схемы Г (0,5229). Это лишний раз иллюстрирует противоречивость частных критериев оценки эффективности вариантов.

2. По критерию θ_i оптимальным вариантом является $m_i = 7$, а из схем сборочного процесса - процесс по схеме В (лучше на 6,5%).

Б и б л и о г р а ф и ч е с к и й с п и с о к

1. Методика (основные положения) определения экономической эффективности использования в народном хозяйстве новой техники, изобретений и рационализаторских предложений/ТК СМ СССР по науке и технике, ГОСПЛАН СССР и др. -М., 1977.

2. Проектирование самолетов/Под ред.С.М.Егера.-М.:Машиностроение, 1983.

3. Методические указания для проведения технико-экономического обоснования в дипломных проектах по специальности 0535/Под ред. Э.С.Минаева. -М.: МАИ, 1979.

4. Шкунов Е.П. Основы технологического членения конструкции самолета.-М.:Машиностроение, 1968.

5. Макаров А.А. Техничко-экономическое обоснование проектируемых конструкций изделий:Методическое пособие.-Куйбышев, 1971.

6. Инженерный справочник по космической технике / Под ред. проф.А.В.Солодова.-М.:Оборонгиз, 1969.

7. Определение экономической эффективности систем автоматизированного проектирования технологических процессов (САПР-ТП):Метод. материалы.-Куйбышев:КуАИ, 1977,

О Г Л А В Л Е Н И Е

В в е д е н и е.....	3
I. Выбор метода экономического обоснования конструктивно-технологических решений в летательных аппаратах.	6
I.1. Метод абсолютных величин.	7
I.1.1. Расчет годового экономического эффекта.	7
I.1.2. Расчет себестоимости перевозок для пассажирских и транспортных самолетов	9
I.1.3. Расчет затрат на наземный комплекс.	11
I.1.4. Расчет технологической себестоимости детали и узла (по М.Е.Уланову).	13
I.2. Система относительных коэффициентов.	14
I.2.1. Техничко-экономическая оценка конструктивно-эксплуатационных разъемов (КЭР) в летательных аппаратах.	14
I.2.2. Техничко-экономическое обоснование схем технологического членения агрегатов (отсеков).	16
I.2.3. Расчет стоимости изделия на основе относительных базовых коэффициентов.	23
2. Примеры экономического обоснования конструктивно-технологических решений по методу абсолютных величин.	24
2.1. Примеры экономического обоснования конструкторских разработок	24
2.1.1. Техничко-экономическое обоснование проекта самолета-истребителя.	24
2.2. Примеры экономического обоснования технологических разработок.	29
2.2.1. Расчет экономической эффективности штамповки пресованных профилей.	29
2.2.2. Расчет экономической эффективности автоматизации сборки киля самолета.	34
2.3. Примеры экономического обоснования организационно-технических мероприятий.	40
2.3.1. Техничко-экономическое обоснование применения автоматизированной системы расчета и проектирования авиационных конструкций РИПАК для проектирования шпангоута № 50 самолета-аэробуса.	40

2.3.2. Определение фактической экономической эффективности применения системы автоматизированного проектирования технологии (на примере заготовительно-штамповочного производства авиапредприятия)	44
3. Примеры экономического обоснования конструктивно-технологических решений по методу относительных величин.	51
3.1. Примеры экономического обоснования конструкторских разработок.	51
3.1.1. Определение изменения технико-экономических показателей (цикла сборочных работ) по сопоставимым телескопическим (взаимозаменяемым) и фланцевым КЭР.	51
3.1.2. Изменение приведенных затрат по рассматриваемым конструктивно-эксплуатационным разъемам.	55
3.2. Примеры экономического обоснования технологических разработок.	56
3.2.1. Технико-экономическое обоснование технологического членения средней части фюзеляжа.	56
3.2.2. Оценка технологического членения средней части фюзеляжа по изменению приведенных затрат.	59
Библиографический список.	60

Макаров Алексей Андреевич,
Моренков Николай Иванович,
Викторова Александра Николаевна,
Ермолаев Сергей Владимирович

АЛЬБОМ ЧАСТНЫХ ПРИМЕРОВ ЭКОНОМИЧЕСКОГО ОБОСНОВАНИЯ
КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ
В ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТАХ

Учебное пособие

Редактор Л.В.Захарьева
Техн.редактор Н.М.Каленюк
Корректор Н.С.Куприанова
Свод.тем.пл. № 2113

Подписано в печать 3.11.88 г. БО 00312.
Формат 60x84 1/16. Бумага оберточная белая.
Печать оперативная. Усл.п.л. 3,4. Уч.-изд.л. 3,0.
Т. 500 экз. Заказ № 6624. Цена 15 к.

Куйбышевский ордена Трудового Красного Знамени
авиационный институт им. академика С.П.Королева,
г. Куйбышев, ул. Молодогвардейская, 151.

Тип. им. В.И.Мяги Куйбышевского полиграфического
объединения. 443099, г. Куйбышев, ул.Венцека, 60.