

УДК 629.7.023.002

В.Т. Сиккульский, Л.Н. Корнилов, В.В. Воронько, В.Ю. Кашеева

Национальный аэрокосмический университет имени Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПРОЦЕССА ФОРМООБРАЗОВАНИЯ МОНОЛИТНЫХ ПАНЕЛЕЙ

Предложен подход к оценке экономической эффективности формообразования монолитных панелей из деформируемых легких сплавов. Экономический эффект в данном случае достигается за счет снижения массы конструкции вследствие уменьшения количества стыков обшивок. Изложена оценка технологической себестоимости элементов затрат на примере получения панелей двойной кривизны методом разводки средних зон и посадки периферийных зон. Описанная последовательность расчетов, совокупность приемов расчета, связанная с особенностями метода (номенклатурой оборудования, оснастки) представляет собой один из вариантов методики оценки элементов затрат при формообразовании панелей. Экономическая эффективность рассчитывается как абсолютная экономия средств на один летательный аппарат в процессе производства, и за весь период эксплуатации. Такая экономия реализуется за счет уменьшения массы конструкции какой-либо части летательного аппарата по отношению к изменению массы всего летательного аппарата.

Ключевые слова: экономическая эффективность, летательный аппарат, формообразование, монолитные панели, метод разводки средних зон, ручные доводочные работы.

Введение

Формообразование монолитных панелей является сложной технологической проблемой. Сложность формообразования связана с большими габаритами панелей, которые имеют продольное и поперечное оребрение. Это затрудняет деформацию всей поверхности панели и требует использования дорогостоящей оснастки. При формообразовании, как правило, не применяют деформирование с нагревом, а также процессы, в основе которых используются явления ползучести или сверхтекучести, так как применение нагрева ограничено действующими технологическими инструкциями. Деформируемые поверхности панелей часто имеют малую кривизну, поэтому нужна общая деформация, сравнимая с упругой составляющей. Поэтому в технологии получили широкое применение такие методы деформирования, как свободная гибка и дробеударное деформирование [1]. Применение в конструкции новых форм панелей ставит задачи создания новых технологических процессов формообразования панелей.

Силовые конструктивные элементы летательных аппаратов в основном выполняют из металлических сплавов, несмотря на широкое использование композиционных материалов. Можно прогнозировать, что эта тенденция сохранится и на ближайшее будущее.

Поэтому остаются актуальными вопросы себестоимости, трудоемкости, экономической эффективности технологических процессов формообразования панелей, повышения производительности оборудования и приспособлений, максимального

сокращения ручных доводочных работ. Поиск более экономичных методов формообразования монолитных панелей является актуальной задачей.

Постановка задачи

Экономическая эффективность использования монолитных панелей в конструкциях летательных аппаратов оценивается главным образом за счет выигрыша в весе путем ликвидации стыков панелей. Эта эффективность определяется абсолютной величиной экономического эффекта, приходящегося на один килограмм уменьшения массы конструкции. Экономическая эффективность рассчитывается как абсолютная экономия средств на один летательный аппарат в процессе производства и за весь период эксплуатации. Такая экономия реализуется за счет уменьшения массы конструкции какой-либо части летательного аппарата по отношению к изменению массы летательного аппарата, рис. 1 [2].

На рис. 1 сравниваются пассажирские самолеты с разными по величине взлетными массами и массами коммерческой нагрузки.

Экономическая эффективность уменьшения массы конструкции на 1 кг определяется в основном затратами на производство и эксплуатацию самолета, целевой нагрузкой, дополнительными капитальными, единовременными затратами и годовой программой выпуска [2].

Для принятия практических решений необходимо также сравнить различные технологические процессы формообразования монолитных панелей и на основе показателей технологического процесса принимать экономически обоснованные решения. Технологические процессы формообразования во

многим определяются геометрическими параметрами и материалом панелей.

Точные методы расчета себестоимости технологического процесса формообразования панелей являются довольно трудоемкой и сложной задачей.

Поэтому в данной статье предложен порядок расчета затрат по величине технологической себестоимости изготовления ребристых панелей двойной кривизны методом разводки средних зон панелей и посадки периферийных зон.

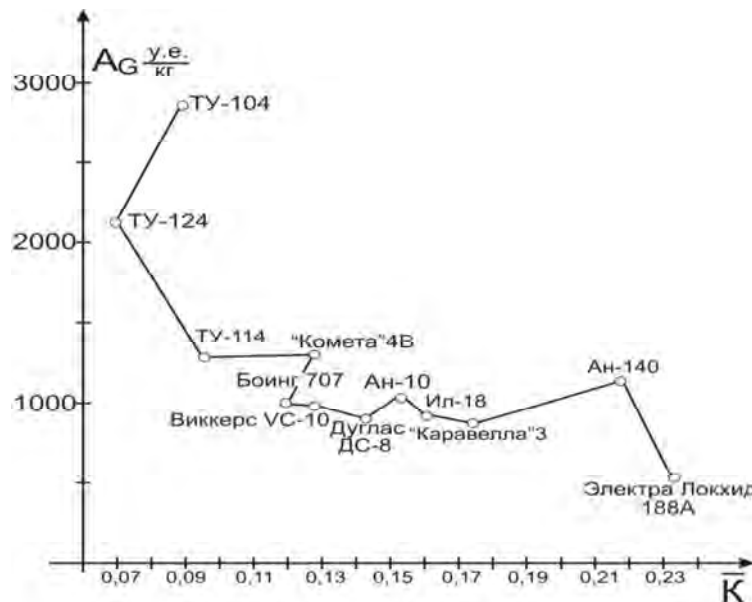


Рис. 1. Зависимость стоимости изменения 1 кг массы A_G от весовой отдачи \bar{K} для пассажирских самолетов

Основные результаты

Технологическая себестоимость – часть себестоимости, включающая расходы, существенно изменяющиеся с изменением технологического процесса. В практических расчетах обычно рассматривают такие основные элементы технологической себестоимости [3, 4]:

- расходы на основные материалы и полуфабрикаты;
- зарплата производственного персонала;
- расходы по эксплуатации оборудования;
- амортизация оборудования;
- расходы на приспособления;
- расходы на инструмент;
- расходы по наладке оборудования.

Это упрощенный метод расчета затрат, однако для принятия практических решений он вполне приемлем для оценки новых технологических процессов. Порядок расчета основных элементов технологической себестоимости представляет собой следующую последовательность [3, 4], представленную ниже.

Затраты на основные материалы и полуфабрикаты (M)

Основную долю затрат на основные материалы панелей составляют расходы на заготовку [4].

$$M_3 = V_M \Pi_M - V_0 \Pi_0, \quad (1)$$

- где M_3 – расходы на материал заготовки, грн;
 V_M – масса заготовки, кг;
 Π_M – цена материала заготовки, грн/кг;
 V_0 – масса отходов, кг;
 Π_0 – цена единицы массы отходов, грн.

В условиях рыночной экономики цена формируется взаимодействием спроса и предложения, которые формируют потребительскую стоимость продукции. Например, за период с января по ноябрь 2014 г. цены на алюминий на мировом рынке изменялись в пределах 1800-2050 долл. за тонну (рис. 2 [5]).

Эти величины заложены в расчет технологической себестоимости формообразования панелей.

Зарплата производственного персонала (Π)

Технологический процесс изготовления монолитных панелей двойной кривизны требует участия высококвалифицированных рабочих и инженеров. Качественный и численный состав промышленно-производственного персонала в данном случае определяется;

характером продукции (геометрическая сложность, габариты, материалы),

разнообразием применяемых технологических процессов (фрезерование панели по программе, контроль точности, формообразование двойной кривизны, доработка контуров по программе, дробеударное обеспечение ресурса, химическая обработка – оксидирование, УЗИ-контроль),

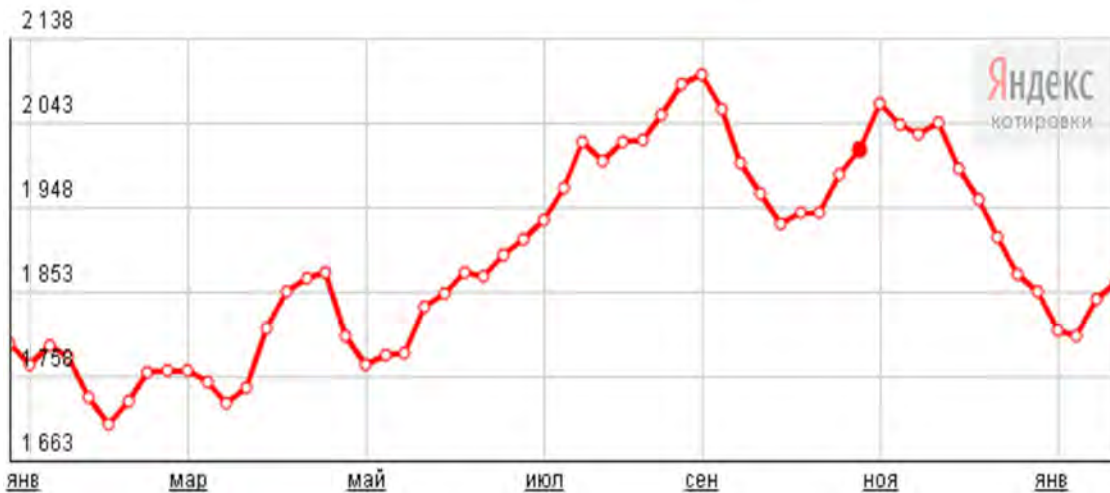


Рис. 2. Динамика цен на алюминий (LME, Alum), USD/тонна

особенностями оснащения производства (устройство для разводки с изгибом, шаблоны ШКС, робот-манипулятор, рентген-контроль, кислотная ванна, дробеударная установка),

объемом продукции по количеству и номенклатуре.

Данный технологический процесс требует специалистов различных профессий и специальностей. Сложность согласования работ во времени приводит к необходимости использовать повременную форму оплаты труда работающих. Повременная форма оплаты труда способствует повышению качества продукции. Эта форма применяется также в тех случаях, когда труд работника трудно поддается нормированию или само нормирование требует больших затрат. Принятая система оплаты труда – повременно-премиальная и штатно-окладная. Повременно-премиальная заработная плата рассчитывалась по зависимости:

$$Z = L_{\text{ч}} T_{\text{ф}} \left(1 + \frac{K_{\text{пр.}}}{100} \right), \quad (2)$$

где $L_{\text{ч}}$ – часовая тарифная ставка повременщика, грн/час.;

$T_{\text{ф}}$ – фактически отработанное время, час.;

$K_{\text{пр}}$ – коэффициент премирования за качественные показатели, %.

Штатно-окладная система оценивает труд служащих. Расчет осуществляется аналогично, но вместо тарифной ставки учитывается месячный оклад ($L_{\text{окл.}}$). Условия премирования учитывали специфику труда служащих.

Расходы по эксплуатации оборудования (\mathcal{E}_0)

При изготовлении монолитных панелей двойной кривизны методом разводки с изгибом используется оборудование, относящееся к основным про-

изводственным средствам: пресс для формообразования панелей, программный станок, ванна щелочная и др.

Расходы, непосредственно связанные с эксплуатацией оборудования, состоят из расходов на ремонт, на энергию и на амортизацию [3,4].

Расходы на ремонт включают в себя зарплату рабочих, производящих ремонтные работы, расходы на эксплуатацию ремонтного оборудования, а также расходы на ремонтный материал. Для равномерного распределения расходов на ремонт по времени работы оборудования суммируют расходы на все виды ремонта за период ремонтного цикла, т.е. за время между двумя капитальными ремонтами и относят их к единице времени работы оборудования.

Расходы на ремонт, приходящиеся на одно изделие, определялись по зависимости:

$$P = \sum_{i=1}^m P'_p t_{\text{шт.к}_i} \quad (3)$$

где P'_p – расходы на ремонт, приходящиеся на единицу времени работы оборудования;

$t_{\text{шт.к}_i}$ – штучно-калькуляционное время;

m – число анализируемых операций технологического процесса.

Расходы на энергию определялись по формулам, структура которых зависит от вида потребляемой энергии и типа оборудования.

Для металлорежущих станков расход электроэнергии складывается из двух частей: энергии холостого хода, затрачиваемой на приведение в движение подвижных частей станка, и энергии, непосредственно затрачиваемой на процесс резания.

Мощность холостого хода мало зависит от нагрузки и составляет в среднем около 25% от установленной мощности электродвигателей станка N_y . Мощность, непосредственно затрачиваемая на процесс резания, может быть найдена через усилие и

скорость резания, которые в свою очередь определяются по нормативам режимов резания.

Укрупненно расчет расходов на электроэнергию можно вести по зависимости [3,4]:

$$\mathcal{E} = \sum_{i=1}^m K_N N_{y_i} C_{эл.} t_{m_i},$$

где N_{y_i} - установленная мощность электродвигателей;

$C_{эл.}$ - цена единицы электроэнергии;

t_{m_i} - машинное время;

K_N - средняя величина нагрузки электродвигателей оборудования (принято = 0,5).

Амортизация оборудования (А). В процессе работы оборудование изнашивается, постепенно утрачивая свои производственные качества. По мере износа оборудование теряет и свою стоимость. Экономическое возмещение износа оборудования путем постепенного перенесения его стоимости на каждую единицу производимой продукции представляет собой величину амортизации.

В соответствии с износом устанавливается величина годовых амортизационных отчислений, причем в них учитываются и расходы на ремонт оборудования.

При расчете амортизационных отчислений для универсального оборудования руководствовались годовой нормой амортизации, определяемой по формуле

$$a = \frac{C_{\phi} + P_c - Л}{Д C_{\phi}}, \quad (4)$$

где C_{ϕ} - полная первоначальная стоимость оборудования;

P_c - стоимость ремонта за все время функционирования оборудования;

$Л$ - остаточная стоимость оборудования (стоимость лома);

$Д$ - срок службы оборудования в годах.

Поскольку затраты на ремонт в целях удобства экономического анализа рассматривались отдельно, их следует исключить при расчете амортизации, и величину ежегодных амортизационных отчислений определять по формуле

$$A = \frac{C_{\phi} - Л}{Д}. \quad (5)$$

Если на оборудовании в течение года выполняются работы по изготовлению различных деталей, то сумму годовых амортизационных отчислений разносят по деталям пропорционально длительности операций обработки каждой из них. Такова последовательность расчета амортизации для универсального оборудования.

Для специальной оснастки, предназначенной для изготовления определенного объекта, амортизация рассчитывалась из условия, что данная оснастка амортизируется за два года. В этом случае использовалась зависимость:

$$A_c = \frac{C_{\phi} - Л}{N} \quad (6)$$

где N - количество изделий, изготавливаемых на данной оснастке за период их выпуска.

Расходы на приспособления (П)

Технологический процесс изготовления монолитных панелей двойной кривизны методом разводки средних зон и посадки периферийных зон предусматривает использование универсальных и специальных приспособлений:

стенд КРС,
устройство для разводки с изгибом,
устройство для доводки контура,
3Д-сканер, шаблоны ШКС,
УЗИ-контроль и др.

В расходы на приспособление включается цена покупного приспособления (или себестоимость приспособления собственного производства) и расходы на его ремонт. Эти расходы распределяются на всю изготовленную в приспособлении продукцию [4].

Расходы на приспособление за время его эксплуатации определяются по формуле

$$П = C_{п.с.} + C_{к.р} n_k + C_{с.р} n_c + C_{м.р} n_m, \quad (7)$$

где $П$ - расходы на приспособление за время его эксплуатации;

$C_{п.с.}$ - цена покупного приспособления или себестоимость приспособления своего производства;

$C_{к.р}$, $C_{с.р}$, $C_{м.р}$ - расходы на капитальный, средний и малый ремонт;

n_k , n_c , n_m - соответственно число этих ремонтов за время эксплуатации приспособления.

Для универсальных приспособлений срок эксплуатации соответствует сроку их полного износа. В этом случае расходы на приспособление, приходящиеся на одно изделие ($П_y$), можно рассчитать как

$$П_y = \frac{П t_{шт.к}}{T_{и}}, \quad (8)$$

где $П$ - расходы на приспособление за время его эксплуатации, определяемые по формуле (7);

$t_{шт.к}$ - штучно-калькуляционное время обработки детали в приспособлении;

$T_{и}$ - срок службы приспособления до полного износа.

Расчет расходов на специальные приспособления производят с учетом количества таких приспособлений, потребных для выполнения годовой программы:

$$Q' = \frac{\Pi}{R}, \quad (9)$$

где Q' - количество приспособлений, одновременно занятых выполнением данной работы;

Π - цикл или время пребывания изделия в приспособлении;

R - ритм или время между очередными выпусками панелей в соответствии с годовой программой.

Ритм в свою очередь может быть рассчитан по формуле

$$R = \frac{\Phi}{N_{\text{год}}}, \quad (10)$$

где Φ - количество часов работы предприятия в году;

$N_{\text{год}}$ - годовая программа для изделий, обрабатываемых в данном приспособлении.

Расходы на специальные приспособления, приходящиеся на одну панель:

$$\Pi_{\text{спец.}} = \frac{\Pi}{N}, \quad (11)$$

где N - расходы на специальные приспособления, определяемые по формуле (7);

N - число панелей, подлежащих изготовлению (контролю) в данных специальных приспособлениях.

Суммарные расходы на универсальные и специальные приспособления:

$$\Pi_{\text{сум.}} = \Pi_{\text{у}} + \Pi_{\text{спец.}} \quad (12)$$

Расходы на инструмент (И)

Анализируемая технология изготовления монолитных панелей двойной кривизны методом разводки с изгибом требует использования набора фрез для фрезерования заготовки панелей, инструментов для контроля панели после фрезерования, инструментов для зачистки поверхности при химической обработке и др.

Расходы на инструмент включают в себя затраты на изготовление инструмента, на переточку, на ремонт и проверку (для контрольного инструмента).

Для данной технологии могут быть использованы универсальные и специальные инструменты. Расходы на универсальный обрабатывающий инструмент, приходящиеся на одну панель [3, 4]:

$$I_{\text{у}} = \sum_{i=1}^m \frac{S_{\text{р.и.}} + S_{\text{пер.и.}} n_{\text{пер.и.}}}{T_i (n_{\text{пер.и.}} + 1)} t_{\text{м.и.}} \quad (13)$$

где $S_{\text{р.и.}}$ - цена инструмента;

$S_{\text{пер.и.}}$ - затраты на одну переточку инструмента;

$n_{\text{пер.и.}}$ - количество переточек металлического инструмента или количество правок абразивного инструмента до полного износа;

T_i - период стойкости инструмента между двумя переточками или правками; m - количество инструментов;

$t_{\text{м.и.}}$ - машинное время работы инструмента.

Расходы на специальный инструмент, который может быть использован только для одного типа панелей, определялись по зависимости:

$$\begin{aligned} \Pi_{\text{спец.}} &= \\ &= \sum_{i=1}^m \frac{S_{\text{р.и.}} Q_i + S_{\text{пер.и.}} n_{\text{пер.и.}} (Q_i - 1) + S_{\text{пер.и.}} n'_{\text{пер.и.}}}{N}, \quad (12) \end{aligned}$$

где Q_i - количество специальных инструментов одного типоразмера, потребных для обработки всей программы изготовления панелей;

$n'_{\text{пер.и.}}$ - количество переточек последнего из специальных инструментов до выполнения всей программы;

m - количество типоразмеров специального инструмента.

Расходы по наладке оборудования (Н)

Этот вид расходов учитывается в технологической себестоимости лишь в тех случаях, когда на рабочем месте выполняется последовательно несколько операций.

Если за рабочим местом закреплена одна определенная операция, наладка оборудования выполняется в период подготовки производства и расходы по наладке в технологическую стоимость не включаются [4].

Расходы по наладке, приходящиеся на одну панель, определялись по зависимости:

$$H = \frac{T_{\text{н}} Z_{\text{н}}}{n}, \quad (15)$$

где $T_{\text{н}}$ - продолжительность наладки оборудования;

$Z_{\text{н}}$ - зарплата наладчика за единицу времени;

n - размер партии деталей, обрабатываемых за время одной наладки.

Сумма всех статей затрат представляет технологическую себестоимость. Учитывая, что расходы на эксплуатацию оборудования \mathcal{E} , включают затраты на ремонт P , энергию \mathcal{E} и амортизацию A оборудования, технологическая оснастка включает следующие затраты:

$$C_{\text{техн.}} = M + Z + P + \mathcal{E} + A + \Pi + I + H. \quad (16)$$

В качестве образца для расчета технологической себестоимости изготовления монолитной панели двойной кривизны методом разводки средних зон панелей и посадки периферийных зон выбрана панель из Al-сплава с параметрами: длина – 1,0 м, ширина 0,52 м, количество ребер – 5, высота оребрения – 30 мм, толщина оребрения – 6 мм, шаг между ребрами – 100 мм.

Технологический процесс изготовления панели включал следующие основные операции:

- рентген-контроль заготовки панели;
- фрезерование панели по программе;
- контроль точности фрезерования на стенде;
- формообразование панели на прессе с использованием устройства для разводки с изгибом;
- контроль точности изготовления после формообразования на стенде с использованием шаблонов контуров сечений;
- компьютерная разработка программы доводки панели по результатам контроля точности;
- доводка точности с помощью роботоманипулятора;
- контроль точности после доводки на стенде;
- контроль массы панели;
- травление в щелочной ванне для достижения

заданной массы;

- упрочнение панели на дробеударной установке для обеспечения ресурса;
- химическая обработка в кислотной ванне – оксидирование, зачистка;
- покраска панели;
- УЗИ-контроль окончательный.

Для такого технологического процесса формообразования панелей характерна большая номенклатура оборудования, универсальных и специальных приспособлений и инструментов. Другая особенность – необходимость использования высококвалифицированных специалистов различных специальностей.

Учитывая динамику цен на алюминий (рис.2) и особенности технологического процесса формообразования, легко предположить, что основными статьями затрат будут затраты на материалы и полуфабрикаты, затраты на энергию для обеспечения работы оборудования и средств оснащения, а также затраты на заработную плату производственного персонала. Этот вывод подтверждается структурой элементов затрат технологической себестоимости. Расчеты выполнены для годовой программы N=50 панелей (рис. 3).

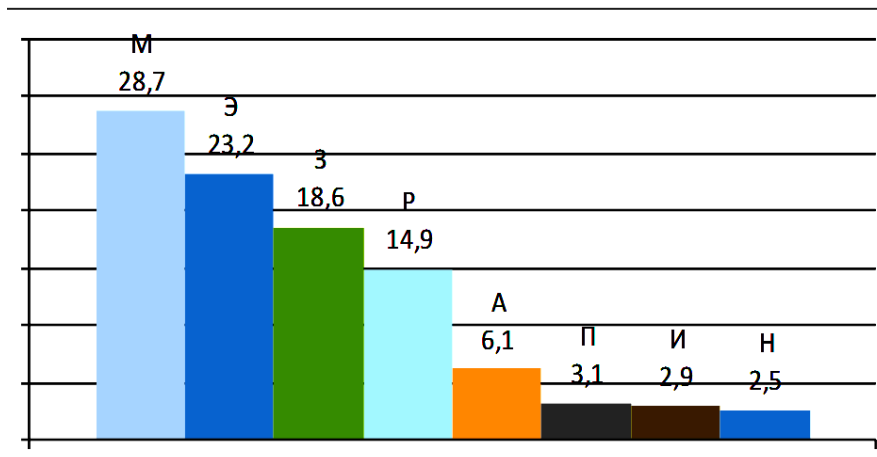


Рис. 3. Соотношение затрат по элементам технологической себестоимости при формообразовании панелей (%)

Условные обозначения:

М – затраты на основные материалы и полуфабрикаты;

Э – затраты на энергию;

З – зарплата производственного персонала;

Р – затраты на ремонт оборудования;

А – амортизация оборудования;

П – затраты на приспособления;

И – затраты на инструмент;

Н – наладка оборудования.

Для анализа и снижения технологической себестоимости все элементы затрат можно условно разбить на три группы [3, 4]:

– не зависящие от времени выполнения технологических операций и объема производства –

М (материалы);

– зависящие от времени выполнения технологических операций:

З (зарплата),

Э (энергия),

Р (ремонт),

А_у (амортизация универсального оборудования),

П_у (универсальные приспособления),

И_у (универсальный инструмент);

– зависящие от объема производства:

А_с (амортизация специальной оснастки),

П_c (спеціальні пристосування),
И_c (спеціальний інструмент), Н (наладка).

В процесі розробки нових і удосконалення існуючих технологічних процесів формоутворення панелей технолог може впливати на всі групи витрат за рахунок технологічних методів зниження собівартості.

Основним засобом зниження витрат на матеріали (М) є зниження маси заготовки, характеризується коефіцієнтом використання матеріалу.

Для другої групи витрат найбільше значення має зниження трудомісткості виконання операцій техпроцесу.

Для третьої групи витрат загальним напрямком зниження технологічної собівартості є збільшення програми випуску (N), що може бути досягнуто за рахунок кооперування підприємств.

Висновки

1. Економічна ефективність формоутворення монолітних панелей з деформуваних легких сплавів оцінюється головним чином за рахунок зниження маси конструкції шляхом зменшення кількості швів обшивки. Крім того, для прийняття практичних рішень дуже важливо дати економічну оцінку технологічному процесу формоутворення монолітних панелей. В статті запропонована оцінка технологічної собівартості елементів витрат на прикладі отримання панелей подвійної кривизни методом розвідки середніх зон і посадки периферійних зон.

2. Изложенная последовательность расчетов, совокупность приемов расчета, связанная с особенностями метода (номенклатура оборудования, оснастки) может быть одним из вариантов методики оценки элементов затрат при формообразовании панелей.

Список литературы

1. Паишков А.Е. Автоматизированная технология комбинированного формообразования панелей самолетов [Текст] / А.Е. Паишков // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – Т. 15, №6 (2). – Самара, 2013. – С. 453-457.
2. Сикутьский В.Т. Оценка экономической эффективности конструктивно-технологических решений при проектировании частей самолета [Текст] / В.Т. Сикутьский, Л.Н. Корнилов, И.А. Воронько // Вопросы проектирования и производства конструкций летательных аппаратов: сб. науч. тр. Нац. аэрокосм. ун-та им. Н.Е. Жуковского «ХАИ». – Вып. 2 (78). – Х., 2014. – С. 80-90.
3. Организация, планирование и экономика авиационного производства / Под ред. Л.М. Ольшевца и Н.А. Орлова. – М.: Оборонгиз, 1983. – 694 с.
4. Зернов И.А. Теоретические основы технологии и процессы изготовления деталей самолетов. – М.: Оборонгиз, 1980. – 631 с.
5. Сайт quotes [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://news.yandex.ru/quotes/1500.html>.

Поступила в редколлегию 3.04.2015

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Г.Г. Четвериков, Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Харьков.

ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ПРОЦЕСУ ФОРМОУТВОРЕННЯ МОНОЛІТНИХ ПАНЕЛЕЙ

В.Т. Сікульський, Л.М. Корнілов, В.В. Воронько, В.Ю. Кашеева

Запропоновано підхід до оцінки економічної ефективності формоутворення монолітних панелей з деформованих легких сплавів. Економічний ефект в даному випадку досягається за рахунок зниження маси конструкції внаслідок зменшення кількості швів обшивки. Викладено оцінку технологічної собівартості елементів витрат на прикладі отримання панелей подвійної кривизни методом розвідки середніх зон і посадки периферійних зон. Описана послідовність розрахунків, сукупність прийомів розрахунку, пов'язана з особливостями методу (номенклатурою устаткування, оснащення) являє собою один з варіантів методики оцінки елементів витрат при формоутворенні панелей. Економічна ефективність розраховується як абсолютна економія коштів на один літальний апарат в процесі виробництва, і за весь період експлуатації. Така економія реалізується за рахунок зменшення маси конструкції будь-якої частини літального апарату по відношенню до зміни маси всього літального апарату.

Ключові слова: економічна ефективність, літальний апарат, формоутворення, монолітні панелі, метод розвідки середніх зон, ручні довідні роботи.

ECONOMIC EVALUATION OF FORMING THE JOINTLESS PANELS

V.T. Sikulskyy, L.M. Kornilov, V.V. Voronko, V.Yu. Kascheeva

It is given the approach to evaluation of the economic effectiveness for forming the jointless panels from wrought light alloys. In the given case the economic effect is gained at the expense of compounds constructions due to reduction of joints quantity. It is performed the evaluation of technological elements prime costs in the example of obtaining bicurvatures panels by the method of middle zones extension and perimeter zone fit. The described sequence of calculations, calculation techniques aggregates, connected with method features (list of equipment, facilities) is one of variants evaluation methods of costs at panels forming. Economic efficiency is calculated as absolute cost cutting for an aircraft in production and for the entire period of operation. Such cost cutting is realized at the expense of mass reduction of any compounds in the aircraft towards the mass changes of the entire aircraft.

Keywords: economic efficiency, aircraft, forming, jointless panels, method of middle zones extension, manual finishing works.