

УДК 629.73.002.2

ГИБОЧНО-ПРОКАТНЫЕ СТАНКИ И ВОЛОЧИЛЬНО-ПРОКАТНЫЕ УСТАНОВКИ КАК ОСНОВА ГЕОМЕТРИЧЕСКОГО ФОРМИРОВАНИЯ ПРОФИЛЕЙ ДЛЯ АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ

© 2011 В.П. Махитько¹, С.Г. Рыжаков², В.Г. Кулаков³, А.А. Фёдоров¹

¹ Институт авиационных технологий и управления
Ульяновского государственного технического университета

² УФКБ ОАО “Туполев”, г. Ульяновск

³ ЗАО “Авиастар-СП”, г. Ульяновск

Поступила в редакцию 12.05.2011

Авторы предлагают и описывают виды оборудования для формирования гнутолистовых профилей; формируют различные проекты алгоритмов и силовых схем формирования профилей для расчета оптимальных параметров названного оборудования.

Ключевые слова: гибочно-прокатные станки, волочильно-прокатные установки, профили, авиационная техника.

Для расчета геометрических параметров гнутолистовых профилей авиационной техники на ведущем (исследуемом) предприятии самолетостроения разработана и адаптирована программа математической параметризации в среде MathCad2001i, с помощью которой производится расчет необходимого количества валковых пар для прокатного формообразования, критических углов подгибки за один переход, общей длины и массы прокатного оборудования. Названная программа позволяет существенно упростить расчеты, как роликовой оснастки, так и оборудования при их проектировании. Гибочно-прокатные станки семейства ГПС (ГПС-300М6; ГПС-350М6; ГПС-350М8; ГПС-500М6; ГПС-500М8; ГПС-500М12) производства ФГУП “Ульяновский НИАТ” имеют консольное закрепление валов с замыканием торцов серьюгой (рис. 1).

Неоспоримое преимущество консольного закрепления валов станков ГПС заключается в следующем: простота и удобство обслуживания и настройки валкового инструмента и вспомогательной оснасткой, установленной в межклетевых промежутках; малое время переналадки с одного комплекта на другой (менее 60 минут).

Однако, к отрицательным качествам консольного закрепления валов можно отнести то, что при установке роликов посередине вала из-

за неравных условий закрепления торцов вала при распирающих нагрузках T возникает перекося осей вала под углом γ (рис. 2, б). Тогда перекося осей роликовой пары между собой равен 2γ , что является причиной неравных зазоров между посадочными элементами $z = L_p \operatorname{tg}^2 \gamma$.

Минимально необходимая длина валов гибочно-прокатного станка определяется из геометрических характеристик валков и элементов оборудования. На примере изготовления профиля швеллерного сечения получим: $L_{B,\min} = L_p + H_c$, где $L_p = (2b \cos \alpha + B) + 2H_b$ – длина валков первого перехода; H_c – ширина серьюги; α – угол подгибки полок на первом переходе; H_b – ширина бурта валка. Минимальное межосевое расстояние определяется равенством: $a_{y,\min} = b + \varnothing D + 2\Delta r$, где $\varnothing D$ – диаметр вала; Δr – толщина металла валка от отверстия до элемента стенки (по нижнему валку) ≈ 15 – 20 мм.

Горизонтальные валы 1 диаметром $\varnothing D$ и длиной L_6 (длина рабочей части вала) оперты на подшипниках клетки 2 с межосевым расстоянием рав-

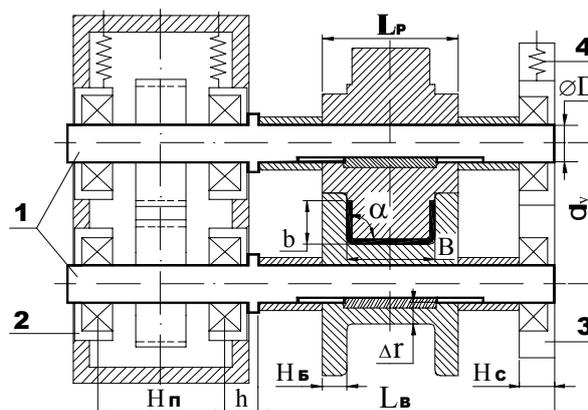


Рис. 1. Модель рабочей клетки гибочно-прокатного станка

Рыжаков Станислав Геннадьевич, кандидат технических наук, Зам. Главного конструктора, директор.
E-mail: ufkbti@mc.ru.

Махитько Вячеслав Петрович, кандидат экономических наук, доцент кафедры «Экономика, управление и информатика».
Кулаков Виктор Геннадьевич, первый заместитель генерального директора – технический директор ЗАО «Авиастар-СП». Тел. (8422)22-06-16.

Фёдоров Александр Александрович, кандидат технических наук, заместитель директора.

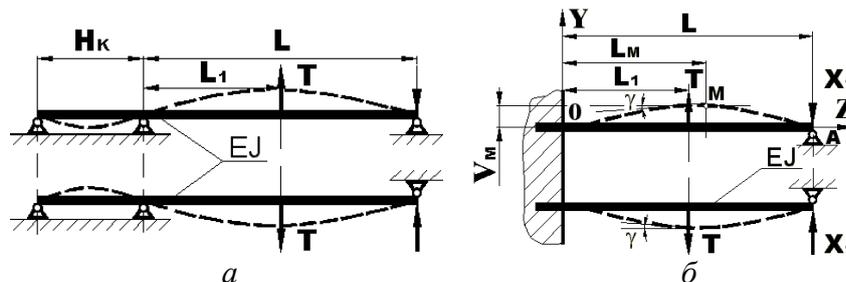


Рис. 2. Силовая схема при шарнирном опирании вала на подшипниках (а); силовая схема при условной заделке одного торца вала (б)

ным H_n (см. рис. 1). Торцы валов замкнуты серьгой 3 с регулировкой межосевого расстояния a_y винтом 4, сжимающим буксы с подшипниками. Расстояние от центра подшипника до упорной части вала равно h .

Для расчета необходимого диаметра валов рабочих клеток, максимальный прогиб которых V_M от распирающих нагрузок T не превышает допуска на линейные размеры (по высоте) изготовляемого профиля $V_M \leq JT14/2$. Реальную силовую схему при шарнирном опирании вала на 3-х подшипниках (рис. 2, а) приведем к условной силовой схеме при заделке одного торца вала (см. рис. 2.б). Такое приведение обусловлено малым расстоянием между подшипниками клетки H_K по сравнению с длиной рабочей части вала L .

Нагрузка T приложена на расстоянии L_1 от заделанного концевого сечения, другое сечение вала на расстоянии L от заделки шарнирно оперто точка А. В системе имеется “лишнее закрепление” – шарнирная опора в точке А. Отбросим лишнее закрепление, заменив его неизвестным усилием X_1 .

Тогда получим статистически определимую систему. По условиям задачи

$$V(L) = \delta_{1T} + X_1 \delta_{11} = 0, \quad (1)$$

где δ_{1T} – прогиб точки А от заданной нагрузки T в направлении усилия X_1 ;

δ_{11} – прогиб от единичной силы, приложенной в точке А направления усилия X_1 . Прогиб δ_{11} найдем из уравнения упругой линии [1].

Для консольного вала постоянного сечения под действием сосредоточенной силы T изгибающий момент в сечении Z равен (рис. 3):

$$\begin{cases} M_T = T(L_1 - Z) & \text{при } Z \in [0; L_1]; \\ M_T = 0 & \text{при } Z \in [L_1; L] \end{cases} \quad (3)$$

Из уравнения упругой линии при $J_x = \pi D^4 / 64 = \text{const}$

$$V(Z) = -\frac{T}{EJ_x} \left(\frac{1}{2} L_1 Z^2 - \frac{1}{6} Z^3 \right) + C_1 Z + C_2. \quad (4)$$

Из граничных условий имеем: $C_1 = C_2 = 0$.

Равенство (4) получено при $Z \in [0; L_1]$ из

условий (3). На промежутке $Z \in [L_1; L]$ ось вала имеет к горизонтальной оси угла наклона φ , определяемый из уравнения упругой линии (4) вала как $\text{tg } \varphi = V'(Z)$

$$V'(Z) = -\frac{T}{EJ_x} \left(L_1 Z - \frac{1}{2} Z^2 \right) \quad (5)$$

Прогиб от силы T в точке А

$$\delta_{1T} = -T(L_1 L^2 / 2 - L^3 / 6) / EJ. \quad (6)$$

Прогиб от единичной силы X_1 в точке А

$$\delta_{11} = -\frac{L^3}{3EJ_x}. \quad (7)$$

Подставив выражения (6) и (7) в равенство (2), найдем X_1

$$\left(\frac{L}{3} - L_1 \right) \cdot \frac{TL^2}{2EJ_x} + X_1 \cdot \left(-\frac{L^3}{3EJ_x} \right) = 0,$$

откуда

$$X_1 = -T(3L_1 - L) / 2L. \quad (8)$$

Значение X_1 со знаком “-”, следовательно, имеет направление обратное выбранному, то есть вниз. Величина X_1 есть доля усилия распора валков T , передаваемая на нажимной винт серьги. В результате общий прогиб в любой точке вала равен

$$V(Z) = -(TL_1 - X_1 L) Z^2 / 2EJ_x + (T - X_1) Z^3 / 6EJ_x. \quad (9)$$

Положение точки на валу с максимальным прогибом определяется из равенства $V'(Z) = 0$.

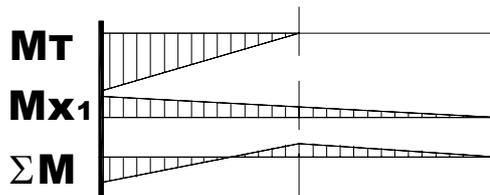


Рис. 3. Изгибающие моменты сил T и X_1

Распирающее усилие на одном валковом переходе определим на примере формообразования профиля швеллерного сечения ($N_n = 2$) оценочной зависимостью без учета усилий торцевого сжатия [2]:

$$T_i = N_{II} \int_{r+s}^b q(\rho) \cos(\alpha_i) d\rho. \quad (10)$$

Однако, наибольшая распирающая валы сила будет на переходах окончательного формообразования [2]. Формируются зависимости распирающих усилий при формообразовании профиля швеллерного сечения на первом переходе ($b = 80$ мм; материал заготовки – Ст.10; $r/s = 1$). Кривые 1; 2; 3; 4 соответствуют толщине заготовок равным 1,0 мм; 2,0 мм; 3,0 мм; 4,0 мм.

Приравнивая выражение (9) с допуском на высоту профиля найдем значение минимального диаметра вала, требуемого для обеспечения точности исполнения поперечного сечения профиля. Изучая весь сортамент гнутых профилей, изготовленный на станках семейства ГПС из полос толщиной до $s \leq 2,5$ мм, можно заключить, что диаметры валов на используемых в настоящее время станках (Ж50 мм при $L = 300$ (350) мм и Ж65 мм при $L = 500$ мм) соответствуют рассчитанным для обеспечения точности профилей по JT14/2.

Представляется и анализируется графическая зависимость прогиба $V(Z)$ стального вала диаметром $\varnothing 50$ мм и длиной $L = 300$ мм при распирающей нагрузке $T = 5 \cdot 10^5$ Н, приложенной на расстоянии $L_i = 200$ мм; 150 мм; 100 мм (соответственно кривые 1, 2, 3), где отображается угол наклона касательной $\psi(Z)$ к любой точке оси того же вала.

Наилучшее положение оси профилирования, при котором зазоры в роликовых парах со стороны серги и клетки будут равны, расположены на расстоянии примерно равном $2/3$ длины вала (в рассматриваемом случае ГПС-300М6 $Z \approx 200$ мм), что соответствует совпадению точки приложения распирающих сил T , с точкой получившей наибольший прогиб V_{MAX} ($\psi_{MAX} = 0$). Такое расположение валковой оснастки рекомендовано выбирать при установке роликов с короткой базой на достаточно длинных валах $L/L_p \geq 2,5 - 3$. Однако, недостаток такой установки – требование достаточного поперечного хода правильно устройства.

По результатам проведенных исследований деформационных и энергосиловых параметров процесса формообразования тонкостенного швеллера разработан алгоритм для автоматизированного расчета минимального числа переходов (рабочих клеток) для получения бездефект-

ного профиля, требуемая мощность и крутящий момент на валах ГПС, оптимальное межклетье-вое расстояние (рис. 4).

Изготовление инструмента и требования к нему, включают:

1. Оснастку для формообразования профилей в составе роликов формующих и фильер правильных;

2. оснастку для раскройно-заготовительных операций в составе ножей дисковых, роликов подрезных, роликов разрезных;

3. оснастку для отделки профилей (шаберы, губки зажимные и пр.) (табл. П7.1).

Равномерность боковых (вертикальных) зазоров в калибре, исключение возможности относительного смещения роликов в осевом направлении обеспечивается соединением верхнего и нижнего роликов торцевыми сопрягаемыми

поверхностями посадкой в замок по $\frac{H7}{f7}$ на

окончательном и по $\frac{H8}{l8}$ на предварительных пе-

реходах. В некоторых случаях соединение роликов следует производить с помощью дополнительных элементов типа “паз – выступ”.

Диаметры формующих роликов на всех переходах следует выбирать конструктивно, исходя из межцентрового расстояния и необходимости обеспечения в радиальном направлении запаса материала не менее 5 - 10 мм. При глубине формовки до 50 мм диаметры роликов следует брать в диапазоне от 150 до 200 мм. Посадочные места роликов должны соответствовать диаметрам рабочих валов и обеспечивать посадку типа

$\frac{H7}{\delta 6}$. Простановку размеров рабочего контура роликов следует производить от посадочных баз комбинированным методом.

Далее фильера представляет собой пару выполненных из бронзы и продольно профилированных с одной рабочей стороны призм, образующих рабочими сторонами контур, соответствующий конфигурации профиля. Для надежного попадания профиля в калибр каждый паз рабочего контура фильер должен иметь заходный прямолинейный наклонный или криволинейный по дуге окружности участок. Места сопряжения прямолинейных заходного и рабочего участков фильеры должны быть плавно округлены, а концевые участки следует профилировать по форме сопрягаемых с фильерой роликов с целью облегчения захода профиля в фильеру. Габаритные размеры фильер должны быть унифицированы и составлять для станков семейства ГПС 84x90 мм длиной не менее трех максимальных



Рис. 4. Алгоритм расчета оптимальных параметров оборудования

размеров поперечного сечения профиля. Установку фильер в гнездо правильного блока производить по посадке типа

$$\frac{H11}{d11}$$

Ролики подрезные, разрезные и дисковые ножи являются традиционным инструментом, на который распространяются общие требования к отрезному инструменту. Далее проведем проектно-технологические процедуры расчета экономической эффективности от внедрения процедур алгоритмизации параметров технологических процессов по производству профилей, *расчёт технологической себестоимости изготовления формующего инструмента* следует выполнить на примере станка ГПС-500М6. Для раскроя заготовок требуемой ширины из стандартных листов (6000x1250) используются дисковые ножницы ДИН-1500.

Технологическая себестоимость C_m комплекта формующего инструмента определяется формулой:

$$C_m = C_m + C_p + C_0 + C_s + C_{mm}$$

Стоимость основных материалов (9ХС)
 $C_m = 2000$ руб.

Зарплатная плата производственных рабо-

чих $C_p = (K_d \cdot T_{шт} \cdot Ч_c)$, для чего необходимо определить штучно-калькуляционное время $T_{шт}$ изготовления комплекта роликов (6 пар):

$$T_{шт} = T_{ток} + T_{долб} + T_{кал} + T_{шлиф} + T_{отр}$$

$T_{ток} = 60$ часов, $T_{долб} = 8$ часов, $T_{кал} = 10$ часов, $T_{шлиф} = 8$ часов, $T_{отр} = 14$ часов. $T_{шт} = 100$ часов.

Часовую ставку $Ч_c$ примем применительно к среднему разряду работы (четвёртому) при изготовлении роликов. Коэффициент доплат и начислений $K_d = 1,57$; $Ч_{ср} = (22+18)/2 = 20$ руб/час. $C_p = 1,57 \cdot 100 \cdot 20 = 3140$ руб.

Расходы, связанные с содержанием и ремонтом оборудования C_0 составляют 0,107 от стоимости изготовления роликов. Расходы на оплату использования энергии C_s составляют 1,0 руб. за один кВтЧас. Значения затрат на топливо технологическое C_{mm} предусматривает включение сюда и затрат на сжатый воздух 4,8 руб.

Тогда после учёта всех данных подведём окончательный результат себестоимости изготовления роликового инструмента:

C_m – стоимость основных материалов – 2000р.; C_p – зарплатная плата рабочих – 3140 р.; C_0 – затраты на содержание оборудования – 200 р.; C_s – стоимость электроэнергии по объёму выполнения полного технологического процесса изго-

товления – 100 час · 3 кВт · 1 р/кВт·час = 300р.;
 C_{mt} – затраты на технологическое топливо и т.п. составляют 100 · 4,8 р = 480р.

Тогда

$$C_m = 2000 + 3140 + 200 + 300 + 480 = 6120 \text{ руб.}$$

Расчёт годового экономического эффекта при производстве профилей производится на основе “Отраслевой методики по определению экономической эффективности новой техники, изобретений и рациональных предложений” ММ 1.4.1153.1983. Основным фактор, определяющий технико-экономическую эффективность – снижение массы изделия за счёт применения материала с меньшей массовой плотностью, изменение конструкции профиля при повышении механических свойств, использование нового оборудования. В работе использованы следующие нормативные данные:

Часовая тарифная ставка производственных рабочих $Ч_{с\text{ раб}} = 20$ руб. Коэффициент использования энергоустановок по мощности и времени $\kappa_{исп} = 0,5$; $\kappa_{исп\text{ оп}} = 0,5$. Стоимость 1 кВт/час электроэнергии $П_{э.э.} = 1,0$ руб. Норма отчислений на амортизацию оборудования $A_o = 0,107$. Норма затрат на ремонт и содержание оборудования принята среднестатистической $П_{р.с.о.} = 0,109$. Принято, что прессованные профили для поставки на изделие проходят фрезерование, химическое травление для получения полок, стенок заданной ширины и толщины. При этом использованы следующие нормативные документы: Прейскурант 02-10 “Оптовые цены на прокат лёгких и цветных металлов”. ОСТ 190070-72 с изменениями 1-4. ОСТ 190040-72 с изменением ГОСТ 8617-75. ТУ 1-9-319-72 с изменениями 1,2. Производственная инструкция ПИ 12.097-78 “Размерное травление алюминиевых сплавов”. Прейскурант 05-01 “Оптовые цены на химические реактивы”.

При расчёте трудоёмкости изготовления профилей берём скорость профилирования на ГПС-500М6 равной 10 м/мин, заготовки из рулонной ленты $l_3 = 7$ м. Суммарная длина профилей входящих в 1 комплект на изделие АН-70:

1. Профиль ПЛ-101 из сплава Д16чАМ равна 900 м.п. (рис. 5, а);

2. Профиль ПЛ-201 из сплава В95пчАМ равна 500 м.п. (рис. 5, б);

На партию профилей при годовой программе 12 самолётов АН-70 время профилирования будет равно: $T_{зд\text{ зн}} = 12 \text{ сам} \cdot Ч(900+500)/10 = 1680$ мин. С учётом времени настройки потребуется 2020 мин или 33,6 часов.

Трудоёмкость правки, обесчки прессованных профилей, фрезерование полок по ранее проведённым расчётам (для Ташкентского завода им. В.П. Чкалова) на каждый профиль длиной 6 м составил 0,9 часа. На годовую программу 2875 профилей время получения прессованных про-

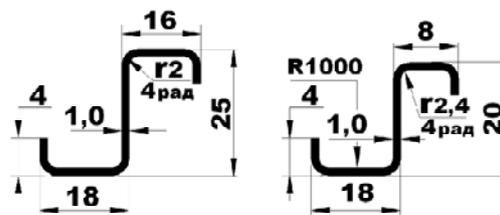


Рис. 5. Поперечные сечения требуемых профилей:
 а – Д16чАМ (ГОСТ 21631-76);
 б – В95пчАМ (ОСТ 1.90246-77)

филей $T_{зд\text{ нр}} = 2875 \cdot 0,9 = 2587,5$ часов.

К ценам до 30.03.91 будем применять в расчётах (в связи с повышением) поправочный коэффициент $\kappa = 15$.

По разработанным руководящим материалам, например РТМ 1603-79 НИИСУ С.32, экономический эффект от снижения массы конструкции на 1 кг составляет 300 руб. его также принимаем увеличенным в 15 раз. Произведём расчёт технико-экономических показателей:

1. Расчётное количество оборудования:

$$n_{np} = \frac{T_{зд\text{ нр}}}{\Phi_0} = \frac{2875,5}{4015} = 0,72 \text{ единиц};$$

$$n_{zn} = \frac{T_{зд\text{ зн}}}{\Phi_0} = \frac{33,6}{4015} = 0,008 \text{ единиц.}$$

2. Принятое количество оборудования:

$$n_{np} = 1 \text{ единица, } n_{zn} = 1 \text{ единица.}$$

3. Капитальные вложения в оборудование:

$$K_{0\text{ нр}} = П_{о\text{ нр}} \cdot n_{np} = 3540 \text{ т.руб.};$$

$$K_{0\text{ зн}} = П_{о\text{ зн}} \cdot n_{zn} = 1900 \text{ т.руб.}$$

Расчёт себестоимости изготовления комплекта профилей:

1. заработная плата производственных рабочих:

$$З_{np} = ч_{с\text{ раб}} \cdot T_{зд\text{ нр}} = 51,75 \text{ т.руб.};$$

$$З_{zn} = ч_{с\text{ раб}} \cdot T_{зд\text{ зн}} = 672 \text{ руб.}$$

2. Расход на ремонт и содержание оборудования:

$$P_{о\text{ нр}} = \kappa_{о\text{ нр}} \cdot П_{р.с.о.} = 381,5 \text{ т.руб.};$$

$$P_{о\text{ зн}} = \kappa_{о\text{ зн}} \cdot П_{р.с.о.} = 207,1 \text{ т.руб.}$$

3. Расход на амортизацию:

$$P_{А\text{ нр}} = \kappa_{А\text{ нр}} \cdot A_o = 374,5 \text{ т.руб.};$$

$$P_{А\text{ зн}} = \kappa_{А\text{ зн}} \cdot A_o = 203,3 \text{ т.руб.}$$

4. Расход на электроэнергию двигателей:

$$P_{эл.дв.нр} = N_{э\text{ нр}} \cdot П_{э.э.} \cdot ЧТ_{зд\text{ нр}} = 326,03 \text{ т.руб.};$$

$$P_{эл.дв.зн} = N_{э\text{ зн}} \cdot П_{э.э.} \cdot ЧТ_{зд\text{ зн}} = 604 \text{ руб.}$$

5. Расход на материалы:

$$P_{мат.нр} = P_{1\text{ нр}} \cdot П_{м.нр} = 261,94 \text{ т.руб.};$$

$$P_{мат.зн} = P_{1\text{ зн}} \cdot П_{м.зн} = 412,5 \text{ т.руб.}$$

6. Технологическая себестоимость:

$$C_{т\text{ нр}} = З_{np} + P_{о\text{ нр}} + P_{А\text{ нр}} + P_{эл.дв.нр} + P_{мат\text{ нр}} = 1395,715 \text{ т.руб.}$$

$$C_{т\text{ зн}} = З_{zn} + P_{о\text{ зн}} + P_{А\text{ зн}} + P_{эл.дв.зн} + P_{мат\text{ зн}} = 824,176 \text{ т.руб.}$$

Экономия в сфере производства:

$$Э_{np} = C_{т\text{ нр}} - C_{т\text{ зн}} = 571,539 \text{ т.руб.}$$

Экономия от снижения массы профилей в

ходе эксплуатации (годовой выпуск):

$$\mathcal{E}_m = C_k \cdot (M_{np} - M_{\text{жк}}) = 0 \text{ руб.}$$

Годовой экономический эффект от использования профилей:

$$\mathcal{E}_{\text{э.проф}} = \mathcal{E}_{np} + \mathcal{E}_m = 571,539 \text{ т.руб.}$$

в условиях ЗАО "Авиастар-СП".

Экономическая эффективность от внедрения оборудования и технологии определяется по разности приведенных затрат:

$$\mathcal{E} = (C_1 + EK_1)P_1 - (C_2 + EK_2)P_2,$$

где C_1 и C_2 – себестоимость единицы продукции соответственно по старому и новому вариантам, руб.; E – коэффициент экономической эффективности капитальных вложений (0,15); K_1 и K_2 – удельные капитальные вложения по вариантам, руб.; P_1 и P_2 – годовой объем продукции соответственно по старому и новому вариантам.

При годовой программе выпуска 12 самолетов Ту-204-100 экономический эффект составит: $\mathcal{E} = 811,575$ т. руб.

Таким образом, расчеты показывают, что оку-

паемость оборудования выполняется менее чем за 1,5 года при изготовлении профилей суммарной длиной 100.000 погонных метров.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Перфильев О.В.* Совершенствование технологии изготовления гнутолистовых профилей авиационных конструкций стесненным изгибом. Дисс...канд.техн.наук. 05.07.02 – "Проектирование, конструкция и производство летательных аппаратов". Самара: СГАУ, 2011. С. 164.
2. *Рыжаков С.Г.* Повышение эффективности технологических процессов при изготовлении трубчатых и крупногабаритных листовых деталей летательных аппаратов. Дисс...канд.техн.наук. 05.07.02 – "Проектирование, конструкция и производство летательных аппаратов". Самара: СГАУ, 2011. С. 154.
3. *Сосов Н.Н.* Разработка и исследование технологических процессов пластического формообразования полочных панелей и обшивок летательных аппаратов методами свободной гибки и обтяжки. Дисс...канд.техн.наук. 05.07.02 – "Проектирование, конструкция и производство летательных аппаратов". Самара: СГАУ, 2011. С. 174.

FLEXIBLE ROLLING MACHINE TOOLS AND TO DRAG ROLLING INSTALLATIONS AS THE BASIS OF GEOMETRICAL FORMATION OF STRUCTURES FOR AVIATION TECHNICIS

© 2011 V.P. Mahitko¹, S.G. Ryzhakov², V.G. Kulakov³, A.A. Fyodorov¹

¹ Institute of Aviation Technologies and Managements
Ulyanovsk State Technical University

² Open Society "Tupolev", Ulyanovsk Design Bureau

³ Joint-Stock Companies "Aviastar-SP", Ulyanovsk

Authors offer and describe kinds of the equipment for formation structures; form various projects of algorithms and power schemes of formation of structures for calculation of optimum parameters of the named equipment.

Key words: flexible rolling machine tools, drag rolling installations, structures, aviation technics

Vyacheslav Mahitko, Candidate of Economics, Associate Professor at the Economy, Management and Computer Science Department.

Stanislav Ryzhakov, Candidate of Technics, Deputy Chief Designer, Director. E-mail: ufkbtu@mv.ru.

Victor Kulakov, First Deputy General Director – Technical Director of Joint-Stock Company "Aviastar-SP".

Tel. (8422)22-06-16.

Alexander Fedorov, Candidate of Technics, Deputy Director.