

Определение экономической эффективности внедрения разработки пневмоимпульсного устройства дорнования

Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ»

Существующие методики определения экономической эффективности внедрения изделий новой техники [1, 2] не всегда позволяют обнаружить наличие экономического эффекта от внедрения наукоемких технологий. Это обусловлено неадекватностью поэлементного расчета себестоимости при наличии затрат на научно-исследовательские (НИР) и опытно-конструкторские (ОКР) работы.

Для определения экономической эффективности разработки и внедрения технологии и оснащения пневмоимпульсного дорнования отверстий в авиационных конструкциях использован комплексный показатель эффективности (КПЭ) технологического процесса [3-6]. КПЭ показал свою адекватность в функционально-стоимостном анализе (ФСА).

Была использована сравнительная эффективность E пневмоимпульсного устройства дорнования (ПИУД-90) (внедряемое оснащение) по отношению к магнитно-импульсной установке дорнования (МИУ-П1) (базовое оснащение), которое отождествляют с отношением КПЭ этого оснащения:

$$E = \frac{e_{\text{пид}} - e_{\text{миу}}}{C_{\text{пид}} - C_{\text{миу}}} = \frac{Q_{\text{пид}}}{Q_{\text{миу}}},$$

где $e_{\text{пид}}$ и $e_{\text{миу}}$ – экономические эффекты, обеспечиваемые внедряемым и базовым оснащениями;

$C_{\text{пид}}$ и $C_{\text{миу}}$ – издержки, характеризующие внедряемое и базовое оснащения;

$Q_{\text{пид}}$ и $Q_{\text{миу}}$ – комплексные показатели эффективности, характеризующие внедряемое и базовое оснащения.

КПЭ построен на основе экспертной оценки различных частных критериев предпочтительности с помощью «методики расстановки приоритетов». КПЭ Q_i для i -го варианта технологии определяли по относительному приоритету i -го варианта по r -му критерию оценки, относительному приоритету r -го критерия оценки и количеству критериев оценки.

Для определения численных значений КПЭ составлен список критериев оценки сравниваемого оснащения технологического процесса дорнования (табл. 1).

На основании анализа литературных данных произведено ранжирование критериев оценки эффективности сравниваемого оснащения, исходя из условия использования этого оснащения при стапельной сборке. Результаты ранжирования критериев сведены в табл. 2.

На основании табл. 2 построена матрица значимости (табл. 3).

Относительный приоритет каждого критерия определен по следующей формуле:

$$\beta_r = \frac{\beta_{a(r)}}{\sum_{r=1}^m \beta_{a(r)}}$$

где $\beta_{a(r)}$ – абсолютный приоритет r -го критерия, определяемый как следующее произведение матриц:

$$\beta_{a(r)} = \bar{A} \cdot \bar{B},$$

причем $\bar{A} = |K_{1(r)}, K_{2(r)}, \dots, K_{m(r)}|$ – i -я матрица-строка коэффициентов предпочтительности в матрице значимости критериев;

$$\bar{B} = \begin{pmatrix} \sum_{j=1}^m a_{1j} \\ \vdots \\ \sum_{j=1}^m a_{mj} \end{pmatrix} \quad \text{– матрица-столбец сумм коэффициентов предпочтительности по строкам матрицы значимости критериев.}$$

Относительные предпочтительности технологий $P_{i(r)}$, вычисляются аналогично определению значимости критериев с той разницей, что объектами сравнения становятся варианты технологий, как это показано в табл. 4, в которой принято $m_{кр} = 2$ (ПИУД-90 и МИУ-П1). Здесь $P_{ai(r)}$ абсолютный приоритет.

Таблица 1 – Критерии оценки при внедрении ПИУД-90 взамен МИУ-П1

Критерий	Обозначение
Трудоемкость технологии (на одно отверстие). Чем меньше трудоемкость, тем лучше	K_1
Сложность конструкции устройства дорнования. Чем меньше сложность, тем лучше	K_2
Вредные условия труда (влияние магнитного поля). Чем благоприятнее условия труда, тем лучше	K_3
Стоимость энергоносителя (на одно отверстие за один удар). Чем меньше стоимость, тем лучше	K_4
Габариты и масса устройства дорнования с учетом накопителя энергии. Чем меньше габариты и масса, тем лучше	K_5
Качественные, прочностные и усталостные характеристики дорнованных отверстий. Чем выше характеристики, тем лучше	K_6
Стоимость оборудования. Чем меньше стоимость, тем лучше	K_7

Коэффициенты b_{ij} , подставляемые в узлы пересечений строк и столбцов X_1 и X_2 , установлены из следующих соображений.

По критерию K_1 – «Трудоемкость технологии (на одно отверстие). Чем меньше трудоемкость, тем лучше» предпочтение отдано ПИУД-90, т.к. по нормативам трудоемкость составляет: $T = 6$ с – для ПИУД-90 [7], в то время когда для

МИУ-П1 она равна $T = 12$ с.

По критерию K_2 – «Сложность конструкции устройства дорнования. Чем меньше сложность, тем лучше» незначительное предпочтение отдано МИУ-П1. ПИУД-90 состоит из большого количества деталей, а вот конструкция МИУ-П1 довольно проста, но привод (генератор импульсного тока) значительно ее усложняет.

По критерию K_3 – «Вредные условия труда (влияние магнитного поля). Чем благоприятнее условия труда, тем лучше» предпочтение однозначно отдано ПИУД-90, т.к. наличие токов высокого напряжения в МИУ-П1 является небезопасным в условиях проведения сборочных работ, а также такая установка требует надежного экранирования ручного инструмента для исключения воздействия на исполнителя магнитного поля.

Таблица 2 – Ранжирование критериев оценки ПИУД-90 и МИУ-П1

№ ранга	Обозначение	Семантика критерия
1	K_6	Качественные, прочностные и усталостные характеристики дорнованных отверстий
2	K_7	Стоимость оборудования
3	K_1	Трудоемкость технологии (на одно отверстие)
4	K_5	Габариты и масса устройства дорнования с учетом накопителя энергии
5	K_3	Вредные условия труда (влияние магнитного поля)
6	K_4	Стоимость энергоносителя (на одно отверстие за один удар)
7	K_2	Сложность конструкции устройства дорнования

Таблица 3 – Матрица значимости критериев оценки

i	j							$\sum_{j=1}^7 a_{ij}$	$\beta_{a(r)}$	β_r
	K_1	K_2	K_3	K_4	K_5	K_6	K_7			
K_1	1	1	1	1	1	0	0	5	15	0,1786
K_2	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0,0119
K_3	0	1	1	1	0	0	0	3	6	0,0714
K_4	0	1	0	1	0	0	0	2	3	0,0357
K_5	0	1	1	1	1	0	0	4	10	0,1190
K_6	1	1	1	1	1	1	1	7	28	0,3333
K_7	1	1	1	1	1	0	1	6	21	0,2500

По критерию K_4 – «Стоимость энергоносителя (на одно отверстие за один удар). Чем меньше расход, тем лучше» на основании проведенных расчетов, приведенных ниже, можно отдать предпочтение ПИУД-90, т. к. в этом случае затраты на одно отверстие за один удар составят 0,0009 грн., т.е. меньше чем для МИУ-П1 – 0,00116 грн.

Для ПИУД-90 затраты на сжатый воздух на одно отверстие за один удар со-

ставят:

$$C_{сж.в} = H_{ч} \cdot t \cdot K_{ном} \cdot Ц_{нос},$$

где $C_{сж.в}$ – затраты на сжатый воздух, грн.;

$H_{ч}$ – потребление сжатого воздуха, м³/ч;

$$H_{ч} = 600 \text{ отв./ч} \times 0,002 \text{ м}^3/\text{ч} = 1,2 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

t – время использования энергоносителя, ч.

$K_{ном}$ – коэффициент, который учитывает потери в трубопроводах, который для сжатого воздуха приблизительно равен $K_{ном} = 1,5$;

$Ц_{нос}$ – стоимость 1 м³ энергоносителя, грн./м³, $Ц_{нос} = 0,3$ грн./м³;

$$C_{сж.в} = 1,2 \cdot \frac{6}{3600} \cdot 1,5 \cdot 0,3 = 0,0009 \text{ (грн.)}$$

Таблица 4 – Сводная таблица матриц предпочтительности сравниваемых вариантов оснащения – ПИУД-90 (X₁) и МИУ-П1 (X₂)

Кри- те- рий	i	j		$\sum_{j=1}^2 b_{ij}$	$P_{ai(r)} = \left (b_{ij})_r \cdot \left \sum_{j=1}^2 b_{ij} \right \right $	$\sum_{i=1}^2 P_{ai(r)}$	$P_i(r) = \frac{P_{ai(r)}}{\sum_{i=1}^2 P_{ai(r)}}$	b _r
		X ₁	X ₂					
K ₁	X ₁	1	1,1	2,1	4,19	7,98	0,525	0,178
	X ₂	0,9	1	1,9	3,79		0,475	
K ₂	X ₁	0,9	1	1,9	3,81	8,02	0,475	0,012
	X ₂	1	1,1	2,1	4,21		0,525	
K ₃	X ₁	1	1,8	2,8	4,96	6,72	0,738	0,0714
	X ₂	0,2	1	1,2	1,76		0,262	
K ₄	X ₁	1	1,1	2,1	4,19	7,98	0,525	0,0357
	X ₂	0,9	1	1,9	3,79		0,475	
K ₅	X ₁	1	1,3	2,3	4,51	7,82	0,577	0,119
	X ₂	0,7	1	1,7	3,31		0,423	
K ₆	X ₁	1	1	2	4,00	8	0,5	0,333
	X ₂	1	1	2	4,00		0,5	
K ₇	X ₁	1	1,3	2,3	4,51	7,82	0,577	0,25
	X ₂	0,7	1	1,7	3,31		0,423	

Для МИУ-П1 затраты на электроэнергию на одно отверстие за один удар составят:

$$C_{эн} = Ц_{эн}^{yд} \cdot t,$$

где $C_{эн}$ – затраты на электроэнергию, грн.;

$Ц_{эн}^{yд}$ – удельная стоимость затрат энергии, грн./ч;

t – время, затраченное на операцию дорнования, ч; $t = 6$ с.

$$Ц_{эн}^{yд} = Ц_{эн} \cdot N,$$

где N – установленная мощность устройства, которое используется в данной операции, кВт, $N = 5$ кВт;

$C_{эн}$ – стоимость электроэнергии (тариф), грн./кВт·ч,

$C_{эн} = 0,14$ грн./кВт·ч;

$$C_{эн}^{уд} = 5 \cdot 0,14 = 0,7 \text{ грн./ч}$$

$$C_{эн} = 0,7 \cdot \frac{6}{3600} = 0,00116 \text{ (грн.)}$$

По критерию K_5 – «Габариты и масса устройства дорнования с учетом накопителя энергии. Чем меньше габариты и масса, тем лучше» предпочтение отдано ПИУД-90. Применяемое для дорнования устройство ПИУД-90 имеет габаритные размеры 570×260×77 мм, а привод (ресивер) – 90×90×300 мм, массы соответственно не более 4,0 кг и 1,0 кг. В то время когда МИУ-П1 имеет следующие габаритные размеры 110×265×110 мм (устройство) и привод – 670×760×950 мм, с массами – 3,6...4,2 кг и 525 кг соответственно. Массы устройств отличаются не существенно, а вот привод у МИУ-П1 довольно тяжелый и громоздкий, по этому преимущество имеет ПИУД-90.

По критерию K_6 – «Качественные, прочностные и усталостные характеристики дорнованных отверстий. Чем выше характеристики, тем лучше» считаем, что качество в обоих случаях одинаково, т.к. отсутствуют данные по качеству отверстий, дорнованных ПИУД-90, а прочностные и усталостные характеристики отсутствуют для обоих методов.

Альтернативы будут уточнены после проведения соответствующих экспериментов.

По критерию K_7 – «Стоимость оборудования. Чем меньше стоимость, тем лучше» предпочтение отдано ПИУД-90, т.к. стоимость ПИУД-90 – 1100 \$ (примерно в 10 раз дешевле), а МИУ-П1 – 12000 \$ [7].

На основании данных табл. 5.4 определили комплексные показатели эффективности для внедряемой $Q_{муд}$ и базовой $Q_{миу}$ технологий по формуле

$$Q_i = \sum_r P_{i(r)} \cdot \beta_r$$

Для ПИУД-90:

$$Q_{муд} = 0,525 \cdot 0,178 + 0,475 \cdot 0,012 + 0,738 \cdot 0,0714 + 0,525 \cdot 0,0357 + 0,577 \cdot 0,119 + 0,5 \cdot 0,333 + 0,577 \cdot 0,25 = 0,5504.$$

Для МИУ-П1:

$$Q_{миу} = 0,475 \cdot 0,178 + 0,525 \cdot 0,012 + 0,262 \cdot 0,0714 + 0,475 \cdot 0,0357 + 0,423 \cdot 0,119 + 0,5 \cdot 0,333 + 0,423 \cdot 0,25 = 0,4496.$$

Таким образом, по наибольшему значению Q_i заключаем, что вариант дорнования ПИУД-90 предпочтительнее варианта дорнования МИУ-П1, потому что он более эффективен. При этом величина относительной эффективности составит

$$E = \frac{Q_{муд}}{Q_{миу}} = \frac{0,5504}{0,4496} = 1,23.$$

Для вычисления экономического эффекта необходимо поэлементным расчетом получить величину затрат, связанных с внедрением пневмоимпульсного устройства дорнования как более эффективного. В связи с тем, что затраты на

внедрение существенно зависят от условий хозяйствования и уровня развития конкретного производства, экономический эффект в абсолютных величинах не считали, и для оценки экономической эффективности разработки была использована относительная или сравнительная эффективность E .

Расчет сравнительной эффективности пневмоимпульсного устройства дорнования (ПИУД-90) по отношению к машинам для постановки болтов типа МБЗ-1,5

Аналогично проведем расчет сравнительной эффективности E пневмоимпульсного устройства дорнования (ПИУД-90) (внедряемое оснащение) по отношению к машинам для постановки болтов типа МБЗ-1,5 с пневмогидравлическим насосом-мультипликатором модели ПГНМ 1-250 (базовое оснащение), которое отождествляют с отношением КПЭ этого оснащения.

Для определения численных значений КПЭ составлен список критериев оценки сравниваемого оснащения технологического процесса дорнования (табл. 5).

Таблица 5 – Критерии оценки при внедрении ПИУД-90 взамен МБЗ-1,5

Критерий	Обозначение
Трудоемкость технологии (на одно отверстие). Чем меньше трудоемкость, тем лучше	K_1
Количество рабочих, занятых в данном процессе. Чем меньше, тем лучше	K_2
Необходимость двустороннего подхода. Если нужно, то плохо	K_3
Расход сжатого воздуха (на одно отверстие за 1 удар). Чем меньше расход, тем лучше	K_4
Габариты и масса устройства дорнования с учетом накопителя энергии. Чем меньше габариты и масса, тем лучше	K_5
Качественные, прочностные и усталостные характеристики дорнованных отверстий. Чем выше характеристики, тем лучше	K_6
Стоимость оборудования. Чем меньше стоимость, тем лучше	K_7

На основании анализа литературных данных [8, 9, и др.] произведено ранжирование критериев оценки эффективности сравниваемого оснащения, исходя из условия использования этого оснащения при стапельной сборке. Результаты ранжирования критериев сведены в табл. 6.

На основании табл. 6 построена матрица значимости (табл. 7).

Коэффициенты b_{ij} , подставляемые в узлы пересечений строк и столбцов X_1 и X_2 , установлены из следующих соображений.

По критерию K_1 – «Трудоемкость технологии (на одно отверстие). Чем меньше трудоемкость, тем лучше» предпочтение отдано ПИУД-90, т.к. по нормативам трудоемкость составляет: $T=6$ с – для ПИУД-90 [10], в то время когда для МБЗ-1,5 она равна $T=30$ с (в пять раз больше времени тратиться на данную операцию). Это связано с тем, что для выполнения данной операции на МБЗ-1,5 необходимо каждый раз отсоединять дорн от силового агрегата, а затем снова подсоединять его. В целях сокращения вспомогательного времени используют несколько дорнов.

По критерию K_2 – «Количество рабочих, занятых в данном процессе. Чем

меньше, тем лучше» значительное преимущество отдано ПИУД-90. Т.к. в технологии МБЗ-1,5 для сокращения вспомогательного времени требует участия в операциях дорнования двух исполнителей и нескольких дорнов, а для применения ПИУД-90 необходим всего лишь один рабочий.

Таблица 6 – Ранжирование критериев оценки ПИУД-90 и МБЗ-1,5

№ ранга	Обозначение	Семантика критерия
1.	K ₆	Качественные, прочностные и усталостные характеристики дорнованных отверстий
2.	K ₇	Стоимость оборудования
3.	K ₁	Трудоемкость технологии (на одно отверстие)
4.	K ₅	Габариты и масса устройства дорнования с учетом накопителя энергии
5.	K ₃	Необходимость двустороннего подхода. Если нужно, то плохо
6.	K ₂	Количество рабочих, занятых в данном процессе. Чем меньше, тем лучше
7.	K ₄	Стоимость энергоносителя (на одно отверстие за 1 удар)

Таблица 7 – Матрица значимости критериев оценки

i	j							$\sum_{j=1}^7 a_{ij}$	$\beta_{a(r)}$	β_r
	K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅	K ₆	K ₇			
K ₁	1	1	1	1	1	0	0	5	15	0,176
K ₂	0	1	0	1	0	0	0	2	3	0,035
K ₃	0	1	1	1	0	0	0	3	6	0,071
K ₄	0	1	0	0	0	0	0	1	2	0,024
K ₅	0	1	1	1	1	0	0	4	10	0,118
K ₆	1	1	1	1	1	1	1	7	28	0,329
K ₇	1	1	1	1	1	0	1	6	21	0,247

По критерию K₃ – «Необходимость двустороннего подхода. Если нужно, то плохо» предпочтение однозначно отдано ПИУД-90, т.к. с ним значительно расширяются технологические возможности дорнования отверстий из-за одностороннего подхода к местам упрочнения отверстий. Характерной особенностью протяжных устройств и машин для постановки болтов является возможность использования их лишь в местах массового расположения отверстий при наличии свободных двусторонних подходов к последним, по этому предпочтительно использование ПИУД-90.

По критерию K₄ – «Расход сжатого воздуха (на одно отверстие за один удар). Чем меньше расход, тем лучше» на основании проведенных расчетов, приведенных ниже, можно отдать предпочтение ПИУД-90, т. к. В этом случае расход сжатого воздуха составил 0,002 м³/цикл, что значительно меньше, чем для МБЗ-1,5 – 0,076 м³/цикл.

По критерию K₅ – «Габариты и масса устройства дорнования с учетом накопителя энергии. Чем меньше габариты и масса, тем лучше» предпочтение отдано ПИУД-90. Применяемое для дорнования устройство ПИУД-90 имеет габаритные размеры 570×260×77 мм, а привод (ресивер) – 90×90×300 мм, массы соответственно не более 4,0 кг и 1,0 кг. В то время когда МБЗ-1,5 имеет следующие габаритные размеры 208×60×207 мм (устройство) и привод (насос-мультипликатор) –

505×270×280 мм, с массами – 2,5 кг и 14,6 кг соответственно. Масса устройства МБЗ-1,5 меньше чем у ПИУД-90, а вот пневмогидравлический привод у МБЗ-1,5 довольно тяжелый и громоздкий, что значительно усложняет маневренность исполнителей, поэтому преимущество имеет ПИУД-90.

Таблица 8 – Сводная таблица матриц предпочтительности сравниваемых вариантов оснащения – ПИУД-90 (X₁) и МБЗ-1,5 (X₂)

Кри- терий	i	j		$\sum_{j=1}^2 b_{ij}$	$P_{ai(r)} = (b_{ij})_r \cdot \left \sum_{j=1}^2 b_{ij} \right $	$\sum_{i=1}^2 P_{ai(r)}$	$P_{i(r)} = \frac{P_{ai(r)}}{\sum_{i=1}^2 P_{ai(r)}}$	b_r
		X ₁	X ₂					
K ₁	X ₁	1	1,5	2,5	4,75	7,5	0,633	0,176
	X ₂	0,5	1	1,5	2,75		0,367	
K ₂	X ₁	1	1,3	2,3	4,51	7,82	0,577	0,035
	X ₂	0,7	1	1,7	3,31		0,423	
K ₃	X ₁	1	1,5	2,5	4,3	6,75	0,637	0,071
	X ₂	0,5	1	1,2	2,45		0,363	
K ₄	X ₁	1	1,7	2,7	4,91	7,02	0,699	0,024
	X ₂	0,3	1	1,3	2,11		0,301	
K ₅	X ₁	1	1,1	2,1	4,19	7,98	0,525	0,118
	X ₂	0,9	1	1,9	3,79		0,475	
K ₆	X ₁	1	1,2	2,2	4,36	7,92	0,551	0,329
	X ₂	0,8	1	1,8	3,56		0,449	
K ₇	X ₁	1	1,1	2,1	4,19	7,98	0,525	0,247
	X ₂	0,9	1	1,9	3,79		0,475	

По критерию K₆ – «Качественные, прочностные и усталостные характеристики дорнованных отверстий. Чем выше характеристики, тем лучше» предпочтение отдано ПИУД-90. Для протяжных устройств и машин типа МБЗ характерно дорнование с постоянной скоростью движения инструмента, что имеет ряд существенных недостатков: появление наплывов на кромках отверстий, искажение образующей отверстия (корсетность). Для устранения этих недостатков требуется проведение после дорнования калибровки отверстий разверткой по 7 качеству точности, что существенно снижает эффект упрочнения дорнованных отверстий.

По критерию K₇ – «Стоимость оборудования. Чем меньше стоимость, тем лучше» предпочтение отдано ПИУД-90, т.к. стоимость ПИУД-90 – 1100 \$ (примерно в 3 раз дешевле), а МБЗ-1,5 – 3385 \$.

На основании данных табл. 6.8 определили комплексные показатели эффективности для внедряемой $Q_{ну\delta}$ и базовой $Q_{мбз}$ технологий по формуле

$$Q_i = \sum_r P_{i(r)} \cdot \beta_r \cdot$$

Для ПИУД-90:

$$Q_{ну\delta} = 0,63 \cdot 0,176 + 0,577 \cdot 0,035 + 0,637 \cdot 0,071 + 0,699 \cdot 0,024 + 0,525 \cdot 0,118 + 0,551 \cdot 0,329 + 0,525 \cdot 0,247 = 0,56638.$$

Для МБЗ-1,5:

$$Q_{мбз} = 0,367 \cdot 0,176 + 0,423 \cdot 0,035 + 0,363 \cdot 0,071 + 0,301 \cdot 0,024 + 0,475 \cdot 0,118 + 0,449 \cdot 0,329 + 0,475 \cdot 0,247 = 0,43362.$$

Таким образом, по наибольшему значению Q_i заключаем, что вариант ПИУД-90 предпочтительнее варианта дорнования МБЗ-1,5, потому что оно более эффективно. При этом величина относительной эффективности ПИУД-90 по отношению к МБЗ-1,5 составит

$$E = \frac{Q_{пуд}}{Q_{мбз}} = \frac{0,56638}{0,43362} = 1,306.$$

Выводы

Определен экономический эффект от внедрения оснащения дорнования ПИУД-90 на основании комплексного показателя эффективности на уровне экспертных оценок. Приведенные расчеты показывают, что относительная эффективность пневмоимпульсного устройства дорнования (ПИУД-90) по сравнению с магнитно-импульсным устройством дорнования (МИУ-П1) составляет 23%, а по сравнению с МБЗ-1,5 – 30,6%.

Список литературы

1. Методы и практика определения эффективности капитальных вложений и новой техники. – Вып. 19. – М.: Наука – 1971. – 174 с.
2. Методика (основные положения) определения экономической эффективности использования в народном хозяйстве новой техники, изобретений и рационализаторских предложений. – М.: Экономика, 1977 – 54 с.
3. Воробьев Ю.А. Определение экономической эффективности внедрения технологии импульсной клепки // *Авіаційно-космічна техніка і технологія: Сб. наукових тр. Нац. аерокосмічного ун-та ім. Н.Е. Жуковського «ХАІ»*. – Харьков. – 2003. – Вып. 1 (36). – С. 76-81.
4. Точилин П.В., Сагателян Г.Р., Назаров Ю.Ф. Методика расчета экономической эффективности внедрения наукоемких технологий // *МГОУ–XXI–Новые технологии*. – №1. – 2001. – С. 29–34.
5. Гибкое развитие предприятия: Эффективность и бюджетирование / В.Н. Самочкин, Ю.Б. Пронин, Е.Н. Логачева и др. – М.: Дело, 2000. – 352 с.
6. Точилин П.В. Применение методики определения экономической эффективности внедрения наукоемких технологий // *Экономика и производство. Журнал депонированных рукописей*. – № 1. – 2001. – с. 1–10.
7. Воробьев Ю.А., Воронько В.В. Перспективные устройства для реализации процессов дорнования отверстий // *Авиационно-космическая техника и технология: Научно-технический журнал*. – Х: Нац. аерокосм. ун-т ім. Н.Е. Жуковського «ХАІ», 2004. – Вып. 3 (11). – С. 28-32.
8. Современные технологии авиационного строения / Коллектив авторов; Под ред. А.Г. Братухина, Ю.Л. Иванова. – М.: Машиностроение, 1999. – 832 с.
9. Воробьев Ю.А. Разработка технологического процесса и инструмента импульсной клепки авиационных конструкций из углепластика: Дис...канд. техн. наук: 05.07.04. – Х., 2004. – 166 с.
10. Точилин П.В. Применение методики определения экономической эффективности внедрения наукоемких технологий // *Экономика и производство. Журнал депонированных рукописей*. – № 1. – 2001. – с. 1–10.