

УДК 62-932.4

В.С. Кочергин, И.Н. Родионова, М.С. Разумов

Юго-Западный государственный университет, г. Курск, email: koshergin@mail.ru

ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАЗРАБОТАННОЙ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕЙ КОНСТРУКЦИИ ПРОТЯЖНОГО ИНСТРУМЕНТА ДЛЯ ОБРАБОТКИ ГРАННОГО ОТВЕРСТИЯ

Ключевые слова: наработка инструмента на отказ, технологические преимущества, экономическая эффективность.

В экономике современного предприятия важную роль играют инновационные разработки. Инновационный процесс определяется как разработка и внедрение новых машин и оборудования, предметов труда и технологических процессов, методов и форм организации и управления производства, основанный на использовании принципиально новых достижений научно-технического прогресса при максимизации технико-экономического потенциала. Среди наиболее важных сторон инновационного процесса следует выделить совершенствование орудий труда, которые обеспечивают рост производительности оборудования и машин по сравнению с увеличением их цены. Авторами статьи предложен метод расчета практической прибыли при капитальных вложениях на один рубль в результате внедрения новой конструкции протяжного инструмента. Капитальные вложения, направленные на внедрение новой конструкции протяжки, будут состоять из стоимости научно-исследовательских опытно-конструкторских разработок, стоимости изготовления инструмента и затраты на транспортные расходы. Был рассмотрен пример реализованный на предприятии, где успешно реализована научно-исследовательская и опытно-конструкторская разработка по внедрению новой энергосберегающей конструкции протяжного инструмента для обработки гранного отверстия. Данная разработка обеспечила значительное улучшение потребительских свойств обрабатываемого изделия, таких как шероховатость обработанной поверхности, состояние поверхностного слоя и минимизация остаточных напряжений от механической обработки, параметров технологического процесса – повышение стойкости протяжного инструмента, повышение производительности и сокращения штучного времени, экономию инструментального материала, увеличение ресурса инструмента. Таким образом, на 1 рубль капитальных вложений в результате внедрения оптимизированной конструкции протяжного инструмента приходится практически 2,5 рубля прибыли. Результаты исследования могут быть использованы при разработке конструкторско-технологической документации и при подготовке производства с целью определения практической прибыли при капитальных вложениях на один рубль в результате внедрения новых конструкций протяжного инструмента.

V.S. Kochergin, I.N. Rodionova, M.S. Razumov

Southwest State University, Russian Federation, Kursk, email: koshergin@mail.ru

ASSESSMENT OF ECONOMIC EFFICIENCY OF THE DEVELOPED ENERGY SAVING DESIGN OF THE LINGERING TOOL FOR PROCESSING OF THE FACED OPENING

Keywords: operating time of the tool for failure, technological advantages, economic efficiency.

In economy of the modern enterprise an important role plays innovative developments. Innovative process is defined as the development and deployment of new cars and the equipment, objects of the labor and technological processes, methods and forms of the organization and management of production based on use of essentially new achievements of scientific and technical progress when maximizing technical and economic potential. It is necessary to distinguish improvement of instruments of labor which provide increase in productivity of the equipment and cars in comparison with increase in their price from the most important parties of innovative process. Authors of article have offered a method of calculation of practical profit at capital investments for one ruble as a result of introduction new to a design of the lingering tool. The capital investments directed to introduction of a new design of a broach will consist of the cost of research developmental developments, the cost of production of the tool and costs of transportation costs. The example realized at the enterprise has been reviewed where it is successfully realized research and development on introduction of a new energy saving design of the lingering tool for processing of a-faced opening. This development has provided considerable improvement of consumer properties of the processed product, such as roughness of the processed surface, a condition of a blanket and minimization of residual tension from machining, parameters of technological process – increase in firmness of the lingering tool, increase in productivity and reduction of piece time, economy of tool material, increase in a resource of the tool. Thus, nearly 2,5 rubles of profit are the share of 1 ruble of capital investments as a result of introduction of the optimized design of the lingering tool. Results of a research can be used when developing design-technology documentation and by preparation of production for the purpose of definition of practical profit at capital investments for one ruble as a result of introduction new designs of the lingering tool.

В экономике современного предприятия важную роль играют инновационные разработки. В литературе [1] инновационный процесс определяется как разработка и внедрение новых машин и оборудования, предметов труда и технологических процессов, методов и форм организации и управления производством, основанный на использовании принципиально новых достижений научно-технического прогресса при максимизации технико-экономического потенциала.

Среди наиболее важных сторон инновационного процесса следует выделить совершенствование орудий труда, которые обеспечивают рост производительности оборудования и машин по сравнению с увеличением их цены.

Цель исследования

Протяжка – это многолезвийный инструмент с рядом последовательно выступающих одно над другим лезвий в направлении, перпендикулярном к направлению скорости главного движения, предназначенный для обработки при поступательном или вращательном главном движении лезвия и отсутствии движения подачи. Протяжки позволяют обрабатывать фасонные поверхности. Форма поверхностей, на практике протягиваемых чаще других, является одним из критериев классификации протяжек. Принято протяжки разделять на шпоночные, круглые, шлицевые, квадратные и т. д. Если же за один рабочий ход протягивается ряд типовых поверхностей то, осуществляющая его протяжка, является комбинированной [7-8].

Одной из таких разработок стала выполненная по методике оптимизации по критерию минимальной удельной энергоемкости [2-6] конструкция протяжки для обработки гранных отверстий в муфтах валов – вращателей входящих в конструкцию бурового инструмента.

Материал и методы исследования

Данная разработка обеспечивает значительное улучшение потребительских свойств обрабатываемого изделия, таких как шероховатость обработанной поверхности, состояние поверхностного слоя и минимизация остаточных напряжений от механической обработки, параметров технологического процесса – повышение

стойкости протяжного инструмента, повышение производительности и сокращения штучного времени, экономию инструментального материала, увеличение ресурса инструмента. Наиболее показательным результатом применения данной методики стала возможность замены применяемого в производстве двухпроходного инструмента однопроходным [7-10].

Выбор величины подъема на режущий зуб протяжки имеет решающее значение для процесса протягивания. Чем больше величина подъема на зуб, тем короче будет режущая часть протяжки, меньше ее стоимость и выше производительность операции протягивания. Но вместе с тем чрезмерно больше величина подъема на зуб приводит к ухудшению шероховатости обработанной поверхности. Минимальные значения подъема на зуб, согласно нормативам, находятся в диапазоне от 0,004 до 0,025 мм. Однако, как следует из анализа, при обработке легированных сталей с твердостью НВ 216...302 протяжками из быстрорежущей стали Р6М5 при величине подъема на режущий зуб до 0,08 мм удельные контактные нагрузки, возникающие на передней поверхности режущих, переходных и чистовых зубьев, превышают допустимые для инструментального материала рабочей части. Поэтому, минимальное значения величины подъема на зуб (S_{min}) должно быть таким, чтобы удельные контактные нагрузки не превышали допустимые для материала рабочей части протяжек, в противном случае наблюдается повышенный износ. Как было показано выше, корректировать длину протяжки, в пределах возможного, можно только за счет изменения длины ее рабочей части. При заданном припуске на протягивание длина режущей части протяжки функционально зависит от подъема на зуб S , шага зубьев t , числа зубьев в группе Z_c . Они определяют угол наклона Θ образующей конуса, на котором располагаются режущие кромки зубьев протяжки. Чем больше угол наклона Θ , тем короче будет режущая часть протяжки. Это условие выражается зависимостью, определяющей тангенс угла Θ : $\operatorname{tg} \Theta = S / t \cdot Z_c \rightarrow \max$ данное выражение (2) является целевой функцией оптимизации, обеспечивающей наименьшую длину режущей части протяжки.

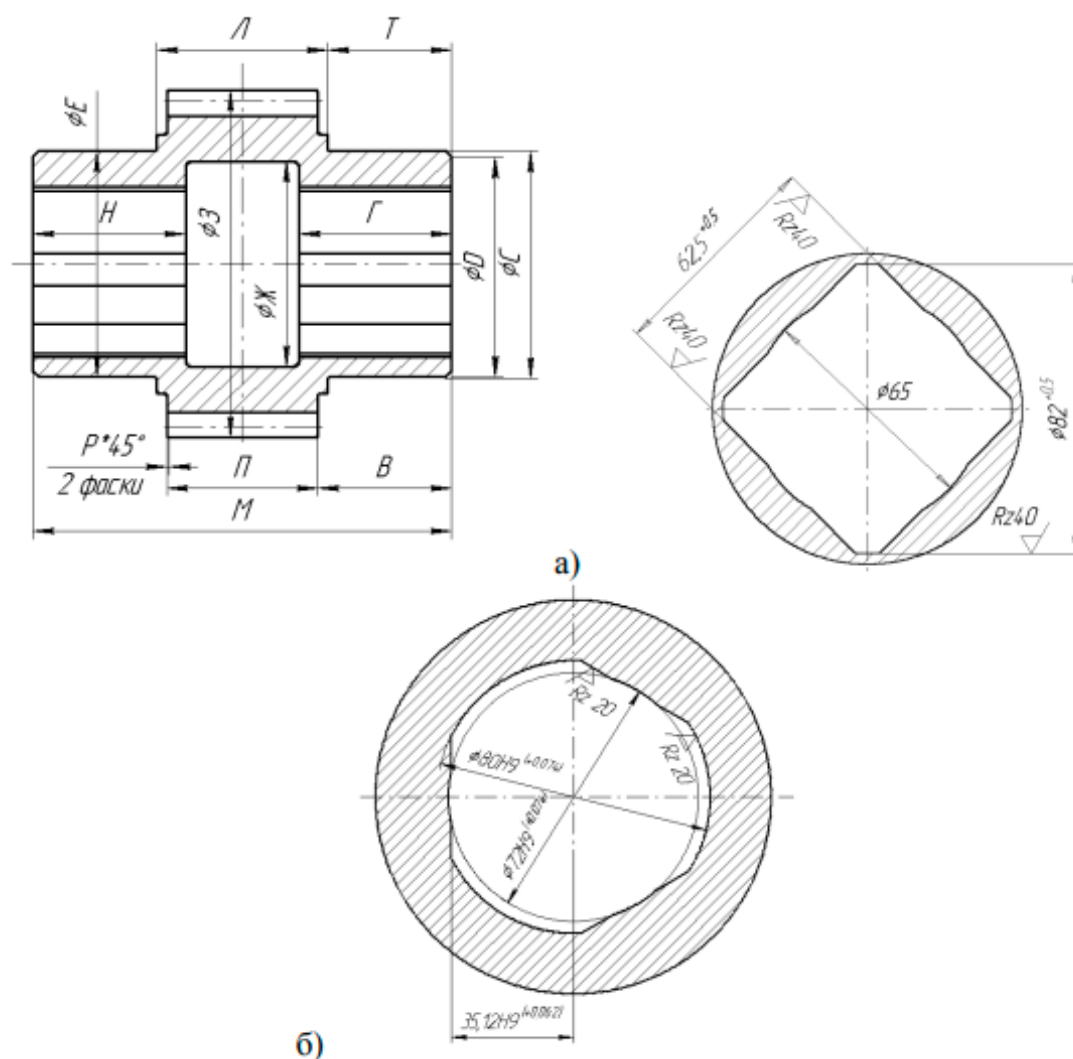


Рис. 1. Осевое сечение валов – вращателей 1ВСМ 11.03Б.0081ВСМ (квадратное отверстие, поз. а), 11.03.008 и ЛБУ – 18– 02 (шестигранное отверстие неправильной формы, поз. б)

Таблица 1

Сравнительных характеристики конструктивных и геометрических параметров комплекта заводских двухпроходных протяжек и однопроходной протяжки для обработки отверстия в муфтах валов-вращателей

Наименование конструктивных и геометрических параметров протяжек	Значения конструктивных и геометрических параметров		
	Заводской вариант двух проходной протяжки		Новый вариант однопроходной протяжки
	I пр.	II пр.	Один проход
Число режущих зубьев	33	25	25
Число калибрующих зубьев	5	7	7
Шаг режущих зубьев, мм.	28	28	25
Шаг калибрующих зубьев, мм.	20	20	18
Передний угол режущих зубьев, град.	15	15	15

продолжение табл. 1

окончание табл. 1			
Наименование конструктивных и геометрических параметров протяжек	Значения конструктивных и геометрических параметров		
	Заводской вариант двух проходной протяжки		Новый вариант одно-проходной протяжки
	I пр.	II пр.	Один проход
Передний угол калибрующих зубьев, град.	15	15	20
Схема съема припуска	Групповая	Групповая	Групповая
Подъем черновых секций, мм.	0,15	0,15	0,25
Подъем черновых секций, мм			0,25
Подъем чистовых зубьев, мм.	0,01	0,0250,01	Нет
Подъем чистовых секций, мм	Отсутствуют	1 – 0,10; 1 – 0,085	1 – 0,10; 1 – 0,085
Наличие специальной конструкции калибрующей части	нет	Есть (3 зуба)	есть (3 зуба)
Длина передней направляющей, мм.	160	160	160
Длина задней направляющей, мм.	82	100	80
Длина рабочей части, мм.	1024	840	860
Длина калибрующей части, мм.	80	140	140
Длина хвостовика с направляющим конусом, мм.	220	220	200
Длина протяжки, мм.	1486	1340	1350
Масса протяжки, кг.	59	59.2	

Таблица 2

Структура капитальных вложений

Показатели	Сумма, руб
Стоимость НИОКР	140000
Стоимость изготовления протяжного инструмента	190000
Транспортные расходы	10000
ИТОГО	340000

Следующим шагом в качестве обоснования результативности указанной методики проектирования должно стать доказательство ее экономической эффективности. Под экономической эффективностью понимают экономический эффект, приходящейся на 1 рубль капитальных вложений, обеспечивающих этот эффект. Сравнительные характеристики конструктивных параметров двух и однопроходной протяжек представлены в таблице 1.

Результаты исследования и их обсуждение

Описанные выше технологические преимущества полученного протяжного инструмента – повышение производительности, сокращение штучного времени – говорят о снижении себестоимости

операции протягивания. Для случая снижения себестоимости оценку эффективности капитальных вложений рекомендуют проводить по формуле, которая для рассматриваемого случая запишется в виде

$$\mathcal{E}_{np} = (C_{\sigma} - C_n) A_n / KB \quad (1)$$

где $\mathcal{E}_{np}$ – экономическая эффективность применения оптимизированной конструкции протяжного инструмента для обработки гранных отверстий в муфтах валов – вращателей; C_{σ} – себестоимость протяжной операции по базовому варианту; C_n – себестоимость протяжной операции по новому варианту; A_n – объем продукции получаемой новым инструментом; KB – капитальные вложения, направленные на внедрение новой конструкции протяжки.

Капитальные вложения, направленные на внедрение новой конструкции протяжки, будут состоять из стоимости научно-исследовательских опытно-конструкторских разработок (НИОКР), стоимости изготовления инструмента и затраты на транспортные расходы. Структура капитальных вложений представлена в таблице 2.

Объем продукции, получаемый новым инструментом, может быть рассчитан на основе нормативной стойкости по формуле (2).

$$A_H = \frac{m T_{нор} K_{l_6} 1000}{l_{пр}}, \quad (2)$$

где m – количество переточек; $T_{нор}$ – нормативная стойкость, м; K_{l_6} – поправочный коэффициент на нормативную стойкость; $l_{пр}$ – длина протягивания, мм.

Для рассматриваемой конструкции протяжки имеем $m=25$; $T_{нор}=100$ м; $K_{l_6}=0,8$; $l_{пр}=140$ мм.

$$A_H = \frac{m T_{нор} K_{l_6} 1000}{l_{пр}} = \frac{25 \cdot 100 \cdot 0,8 \cdot 1000}{140} = 14286 \approx 14290 \text{ деталей.}$$

Анализируя формулу (1) можно прийти к выводу о необходимости расчета лишь переменной составляющей базовой и новой себестоимости операции протягивания.

Переменная составляющая себестоимости протяжной операции имеет следующую структуру:

1. Заработная плата основных рабочих;
2. Стоимость электрической энергии;
3. Стоимость вспомогательных материалов;
4. Стоимость режущего инструмента, приходящееся на одну деталь;
5. Амортизационные отчисления;
6. Затраты на ремонт оборудования
7. Затраты на переточку инструмента
8. Стоимость приспособлений;
9. Заработная плата вспомогательных рабочих.

Расчет стоимости электрической энергии проведем по формуле (3)

$$Л = \frac{N t_{шт} \eta_{зв} \eta_{зм} \Pi_э}{60} \quad (3)$$

где $Л$ – стоимость электрической энергии, руб; N – мощность электродвигателя станка, Вт; $t_{шт}$ – штучное время; $\eta_{зв}$ – коэффициент загрузки станка по времени; $\eta_{зм}$ – коэффициент загрузки станка по мощности; $\Pi_э$ – цена 1 кВт/ч электроэнергии, руб.

Для нашего случая для нового варианта имеем: $N=45$ кВт; $t_{шт}=1,5$ мин; $\eta_{зв}=0,6$; $\eta_{зм}=0,7$; $\Pi_э=4,2$ руб.

$$Л = \frac{N t_{шт} \eta_{зв} \eta_{зм} \Pi_э}{60} = \frac{45 \cdot 1,5 \cdot 0,6 \cdot 0,7 \cdot 4,2}{60} = 1,98 \text{ руб.}$$

Для базового варианта $t_{шт}=4,2$ мин

$$Л = \frac{N t_{шт} \eta_{зв} \eta_{зм} \Pi_э}{60} = \frac{45 \cdot 4,2 \cdot 0,6 \cdot 0,7 \cdot 4,2}{60} = 5,56 \text{ руб.}$$

Заработная плата основных рабочих может быть рассчитана по формуле (4)

$$З_{осн} = \frac{t_{шт} \cdot \Pi_{тар} \cdot K_{пр} \cdot K_{дон} \cdot K_{ЕСН}}{60} \quad (4)$$

где $\Pi_{тар}$ – часовая тарифная ставка, $K_{пр}$ – премиальный коэффициент; $K_{дон}$ – коэффициент дополнительной заработной платы; $K_{ЕСН}$ – коэффициент единого социального налога.

Для нашего случая $\Pi_{тар}=62,4$ руб/час; $K_{пр}=1,5$; $K_{дон}=1,12$; $K_{ЕСН}=1,34$.

Имеем для базового случая

$$З_{осн} = \frac{t_{шт} \cdot \Pi_{тар} \cdot K_{пр} \cdot K_{дон} \cdot K_{ЕСН}}{60} = \frac{4,2 \cdot 62,4 \cdot 1,5 \cdot 1,12 \cdot 1,34}{60} = 9,8 \text{ руб.}$$

Имеем для нового случая:

$$Z_{осн} = \frac{t_{шл} \cdot C_{шл} \cdot K_{шл} \cdot K_{дон} \cdot K_{ЕСН}}{60} = \frac{1,5 \cdot 62,4 \cdot 1,5 \cdot 1,12 \cdot 1,34}{60} = 3,5 \text{ руб.}$$

Основываясь на проведенных расчетах и результатах ранних исследований, проведем расчет переменной части себестоимости операции протягивания для базового и нового вариантов (таблица 3).

Подставляя полученные значения в формулу (1) найдем экономическую эффективность внедряемой протяжки.

$$Э = (C_{б} - C_{н}) A / KB = (93,48 - 33,45) \times 14290 / 340000 = 2,52 \text{ руб.}$$

Таблица 3

Расчет себестоимости по базовому и новому варианту

Показатель	Вариант	
	Базовый	Новый
Заработная плата основных рабочих	9,8	3,5
Стоимость электрической энергии	5,56	1,98
Стоимость вспомогательных материалов (1,8% от $Z_{осн}$)	0,18	0,06
Стоимость режущего инструмента, приходящееся на одну деталь	70,4	25,19
Амортизационные отчисления (25,5% от $Z_{осн}$)	2,49	0,89
Затраты на ремонт оборудования (26% от $Z_{осн}$)	2,55	0,91
Затраты на переточку инструмента	0,22	0,11
Стоимость приспособлений (2,2% от $Z_{осн}$)	0,22	0,08
Расход СОТС (10% от $Z_{осн}$)	0,98	0,35
Затраты на ремонт оборудования (11% от $Z_{осн}$)	1,08	0,38
ИТОГО	93,48	33,45

Выводы

Таким образом, на 1 рубль капитальных вложений в результате внедрения оптимизированной конструкции протяжного инструмента приходится практически 2,5 рубля прибыли. С учетом, что годовой оборот вращателей входящих в конструкцию бурового инструмента составляет порядка 4,5 миллионов рублей, а процентное содержание протяжной операции от всех 20%,

то объем прибыли составит 2,25 миллионов рублей. Стоит учитывать, что на предприятии ОАО «Геомаш» большая номенклатура деталей, где используется протяжной инструмент, таким образом, экономическую эффективность можно повысить в разы применив энергосберегающую конструкцию протяжного инструмента на всю номенклатуру деталей, используемую на производстве.

Библиографический список

1. Зайцев Н. Л. Производственная мощность предприятия: учебник. М.: Издательство «Экзамен», 2006. 413 с.
2. Емельянов С.Г., Селезнев Ю.Н., Губанов В.С., Кочергин В.С., Евсеев Е.Ю. Исследование влияния конструктивных и геометрических параметров протяжного инструмента на выходные характеристики процесса протягивания. Курск: Университетская книга, 2017. 189 с.
3. Евсеев Е.Ю., Кочергин В.С. Анализ влияния смазывающе-охлаждающих технологических сред на процесс протягивания // Современные инновации в науке и технике: Современные материалы, техника и технологии: статьи 5-й Международной научно-технической конференции «». Курск, 2015. С. 79-83.
4. Кочергин В.С. Анализ опасных и вредных факторов при протягивании гранных отверстий // Современные материалы, техника и технологии. 2017. № 1 (9). С.133-137.

5. Селезнев Ю.Н., Евсеев Е.Ю., Кочергин В.С. Анализ обработки протягиванием фасонных отверстий валов-шестерен приводов буровых установок // Современные материалы, техника и технологии. 2015. № 3 (3). С. 232-239.
6. ГОСТ 25751-83. Инструменты режущие. Термины и определения общих понятий.
7. Щеголев В. А. Конструирование протяжек. М.: Машгиз, 1960. 351 с.
8. Кочергин В.С. Теоретический анализ задач, связанных с проектированием эффективного протяжного инструмента с большими подачами для обработки гранных отверстий // Качество продукции: контроль, управление, повышение, планирование: Сборник научных трудов 4-й Международной молодежной научно-практической конференции. 2017. С. 312-314.