

## ЛИТЕРАТУРА

1. Кривко Г.П. Основы совершенствования способов и технологических процессов механической обработки деталей подшипников. – Мн.: УП «Техно-принт», 2001. 220с.

2. Ящерицын П.И., Кривко Г.П., Еременко М.Л. Новое в технологии шлифования сферических поверхностей. Мн.: Выш. шк., 1982.-144с.

3. Кривко Г.П., Филонов И.П., Пенза В.Н. и др. Патент 5473 ВУ. МПК: В24В 5/37 35/00 Способ финишной групповой обработки рабочих поверхностей бочкообразных несимметричных роликов и устройство для его осуществления – № 19981151. Заявлено 22.12.98; опубликовано /Афіцыйны бюлетэнь. /Дзярж. Пат. Ведомства Рэсп. Беларусь – 2003. – №3 -4с.

4. Кривко Г.П., Федорцев В.А., Романенко В.И. и др. А.С. 1274915 (СССР) Устройство для упрочняюще-чистовой обработки. – Заявл. 27.02.85 (22) №38611872125-27; Опубл. В Б.И., 1986, № 45, МКИ В24, В39/00, 3с.

УДК 621.833

Кане М.М., Иванов Б.В., Медведев А.И.

### **ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ ОБРАБОТКИ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС НА ПРЕДПРИЯТИИ – ИЗГОТОВИТЕЛЕ**

*Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь*

#### **Исходные положения**

Повышение точности обработки деталей машин позволяет получить экономический эффект как на предприятии – изготовителе, так и в народном хозяйстве. На предприятии – изготовителе эффект достигается за счет увеличения выхода годных деталей как на промежуточных, так и на финишных операциях, снижения стоимости этих операций и детали в целом из-за снижения доли всех расходов при обработке, приходящихся на одну годную деталь. В народном хозяйстве эффект повышения точности обработки деталей машин достигается в основном за счет увеличения их срока службы, уменьшения потребности в запасных частях, снижения расходов на ремонт и обслуживание при эксплуатации машин.

Рассмотрим методику оценки эффективности предложенных проф. М.М. Кане методов повышения точности обработки цилиндрических зубчатых колес при их зубофрезеровании и шевинговании [1] на предприятии – изготовителе. Повышение точности цилиндрических шестерен в [1] предложено обеспечить

за счет оптимизации требований к точности базовых поверхностей шестерен и режимов резания при зубофрезеровании и выбора рациональных требований к точности зубьев и базовых поверхностей на всех промежуточных операциях, обеспечивающих с учетом технологического наследования характеристик точности на этих операциях необходимую точность готовых шестерен. Операции зубофрезерования и шевингования выбраны в качестве примера. Аналогичным образом может быть проведен расчет экономического эффекта и на остальных операциях. К тому же ранее нами было показано [2], что шевингование цилиндрических шестерен, даже подвергаемых химико-термической обработке (ХТО), может обеспечить, как показывает опыт МТЗ, 8-ю степень точности по ГОСТ 1643-81 и значительно дешевле зубошлифования. 8-я степень точности вполне приемлема в настоящее время для шестерен автотракторных трансмиссий.

Применение указанных методов, как показал опыт их применения на МЗШ, МТЗ, ВГТЗ и др. предприятиях, позволяет повысить точность цилиндрических шестерен на операциях зубофрезерования и шевингования на 20-30%, уменьшить расходы на оборудование, оснастку, заработную плату на операции шевингования на 10-15% за счет уменьшения припуска и времени обработки на этой операции. Использование этих методов не требует дополнительных текущих и капитальных затрат, т.к. принятые сейчас на передовых предприятиях технологические процессы позволяют обеспечить необходимую точность базовых поверхностей шестерен перед зубонарезанием и позволяют регулировать точность шестерен на промежуточных операциях [2]. Потребуется лишь проведение технологических исследований по разработанным методикам для расчета оптимальных требований к точности шестерен на промежуточных операциях их обработки с учетом условий обработки.

Данная методика разработана с учетом рекомендаций [3, 4]. Расчеты выполнены в ценах 1990 г.

### **Расчет экономической эффективности**

Годовой экономический эффект от использования описанных выше методов равен:

$$\mathcal{E} = (Z_1 - Z_2) \cdot A_2 = [(C_1 + E_n \cdot K_1) - (C_2 + E_n \cdot K_2)] \cdot A_2, \quad (1)$$

где  $Z_1$  и  $Z_2$  – приведенные затраты единицы продукции на операциях зубофрезерования и шевингования, производимой до и после внедрения методов, руб.;  $A_2$  – годовой объем производства продукции, производимой с помощью используемых методов в расчетном году, шт.;  $C_1$  и  $C_2$  – себестоимости изготовления единицы годной продукции на операциях зубофрезерования и шевингования, производимой до и после внедрения методов, руб.;  $K_1$  и  $K_2$  – удельные капитальные вложения в производственные фонды на операциях зубофрезерования и шевингования до и после внедрения методов в расчете на единицу годной продукции, руб.;  $E_n$  – нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений,  $E_n = 0,15$ .

Величину  $C_1$  находят по формуле

$$C_1 = \frac{C_{п.з.зф.1} \cdot T_{шт.зф.1}}{60} \cdot \frac{100}{A_{годн.зф.1} + (100 - A_{годн.зф.1}) \cdot a} + \frac{C_{п.з.ш.1} \cdot T_{шт.ш.1}}{60} \cdot \frac{100}{A_{годн.ш.1}}; \quad (2)$$

Величину  $C_2$  находят по формуле:

$$C_2 = \frac{C_{п.з.зф.2} \cdot T_{шт.зф.2}}{60} \cdot \frac{A_{годн.зф.1} + (100 - A_{годн.зф.1}) \cdot a}{A_{годн.зф.2} + (100 - A_{годн.зф.2}) \cdot a} + \frac{C_{п.з.ш.2} \cdot T_{шт.ш.2}}{60} \cdot \frac{A_{годн.ш.1}}{A_{годн.ш.2}}, \quad (3)$$

где  $C_{п.з.зф.1}$ ,  $C_{п.з.зф.2}$  – часовые приведенные затраты на операциях зубофрезерования и шевингования до и после внедрения методов, коп/ч;  $T_{шт.зф.1}$ ,  $T_{шт.зф.2}$ ,  $T_{шт.ш.1}$ ,  $T_{шт.ш.2}$  – нормы штучного времени на операциях зубофрезерования и шевингования до и после внедрения методов, мин.;  $A_{годн.зф.1}$ ,  $A_{годн.зф.2}$ ,  $A_{годн.ш.1}$ ,  $A_{годн.ш.2}$  – процент выхода продукции без отклонений от требований техпроцесса на операциях зубофрезерования и шевингования до и после внедрения методов;  $a$  – доля деталей, имеющих отклонения от требований техпроцесса после операции зубофрезерования, но поступающих для исправления на операцию шевингования.

Теоретически  $a$  должно быть равно нулю, однако на практике в среднем  $a = 0,5$ .

Величину часовых приведенных затрат  $C_{п.з.}$  (без учета капитальных вложений) определяют по формуле:

$$C_{п.з.} = \frac{C_з.}{M} + C_{ч.з., коп/ч}, \quad (4)$$

где  $C_з.$  – основная и дополнительная заработная плата, а также начисления на соцстрах оператору и наладчику за физический час работы обслуживаемых машин, коп/ч;  $M$  – Коэффициент многостаночности. Для зубообрабатывающих станков  $M = 4$ ;  $C_{ч.з.}$  – часовые затраты по эксплуатации рабочего места, определяемые по формуле (5), коп/ч:

$$C_{ч.з.} = C_{ч.з.}^{б.у.} \cdot K_m, \quad (5)$$

где  $C_{ч.з.}^{б.у.}$  – практические, скорректированные часовые затраты на базовом месте. Для массового и крупносерийного производства, при работе в 2 смены  $C_{ч.з.}^{б.у.} = 43,9$  коп.;  $K_m$  – машинно-коэффициент, показывающий во сколько раз затраты, связанные с работой данного станка, больше, чем аналогичные расходы у базового станка.

Для зубообрабатывающих станков

$$K_m = \left( \frac{4,68\Pi}{1000} + 1,02R + 0,68M_y \right) \cdot \frac{1}{20}, \quad (6)$$

где  $\Pi$  – балансовая стоимость станка, руб.;  $R$  – суммарная ремонтная сложность станка;  $M_y$  – установленная мощность двигателей станка, кВт.

Для станков 5В312 и 5702В  $K_m = 3,64$ .

Удельные капитальные вложения в расчете на единицу годной продукции до и после внедрения результатов НИР определяются по формулам:

- для зубофрезерования

$$K_{1зф.} = K'_{1зф.} \cdot \frac{100}{A_{годн.зф.1} + (100 - A_{годн.зф.1}) \cdot a}, \text{ коп.}; \quad (7)$$

$$K_{2зф.} = K'_{2зф.} \cdot \frac{A_{годн.зф.1} + (100 - A_{годн.зф.1}) \cdot a}{A_{годн.зф.2} + (100 - A_{годн.зф.2}) \cdot a}, \text{ коп.}; \quad (8)$$

- для шевингования

$$K_{1ш.} = K'_{1ш.} \cdot \frac{100}{A_{годн.ш.1}}, \text{ коп.}; \quad (9)$$

$$K_{2ш.} = K'_{2ш.} \cdot \frac{A_{годн.ш.1}}{A_{годн.ш.2}}, \text{ коп.}, \quad (10)$$

где  $K'_{1зф.}$ ,  $K'_{2зф.}$ ,  $K'_{1ш.}$ ,  $K'_{2ш.}$  – удельные капитальные вложения в производственные фонды на единицу произведенной продукции при зубофрезеровании и шевинговании до и после внедрения методов, коп.

Удельные капитальные вложения в производственные фонды на единицу произведенной продукции можно определить по формуле:

$$K' = K_c + K_з, \quad (11)$$

где  $K_c$  – удельные капитальные вложения в станок, коп.;  $K_з$  – удельные капитальные вложения в здание, коп.

Для массового производства

$$K_c = \frac{100 \cdot \Pi \cdot m_n}{A_2}, \text{ коп.}; \quad (12)$$

$$K_з = \frac{F \cdot 75 \cdot 100 \cdot m_n}{A_2}, \text{ коп.}, \quad (13)$$

где  $F$  – производственная площадь, занимаемая станком, с учетом проходов:

$$F = f \cdot K_f, \text{ м}^2; \quad (14)$$

$f$  – производственная площадь, занимаемая станком,  $\text{м}^2$ ;  $K_f$  – коэффициент, учитывающий дополнительную производственную площадь (на проходы, проезды и др.). Для станков 5В312 и 5702В  $F$  принимается равной  $6\text{м}^2$ ;  $m_n$  – принятое число станков на операции, шт.

**Пример типового расчета экономического эффекта**

Данный расчет выполнен для прямозубого цилиндрического зубчатого колеса и условий его обработки, характерных для отечественного тракторостроения. Исходные данные, характеризующие ряд условий обработки зубчатого колеса, принятых в расчете, а также эффективность рассматриваемых методов, подтверждаются актами их внедрения на ВГТЗ, МЗШ, МТЗ.

Таблица 1. Исходные данные

№ п/п	Характеристики	Единица измерения	До внедрения методов	После внедрения методов
1	Объект производства		Одновенцовое прямозубое цилиндрическое зубчатое колесо $m = 4$ мм, $z = 30$ , $b = 30$ мм, исходный контур по ГОСТ 13755-68, степень точности 10-9-9-Вс, ГОСТ 1643-81, сталь 25ХГТ, ГОСТ 4543-71, нитроцементация, $h 0,7...1,1$ мм, HRC <sub>56...63</sub> , сердцевина HRC <sub>30...45</sub>	
2	Годовой объем выпускаемой продукции (годной)	шт.	100000	100000
3	Условия обработки на операции: а) зубофрезерования		Станок мод.5В312, фреза червячная Р6М5К5, $n = 200$ об/мин; $V = 69$ м/мин; $S_0 = 2,1$ мм/об, $S_{мин} = 13$ мм/мин.	
	б) шевингования		Станок мод.5702В, шевер Р6М5, $D_{аф} = 222,71$ мм, $\beta = 5^\circ$ , угол диагональности $\gamma = 25^\circ$ , $n_{ш} = 200$ об/мин, $V_{ш} = 140$ м/мин, $S_{мин} = 87$ мм/мин, $S_t = 0,04$ мм/ход.	
	Припуск на шевингование по межцентровому расстоянию $a_{ш}$	мм	0,3	0,22
4	Процент выхода деталей без отклонений от требований техпроцесса ( $A_{годн.}$ )			
	а) на операции зубофрезерования	%	90	92
	б) на операции шевингования	%	98	98,4

Таблица 2. Расчет экономического эффекта

Показатели	Обозначение	Единица измерения	До внедрения методов			После внедрения методов		
			при зубофрезеровании	при шевинговании	сумма	при зубофрезеровании	при шевинговании	сумма
Норма штучного времени	T <sub>шт</sub>	мин.	3,92	2,29	–	3,92	1,97	–
Основная и дополнительная заработная плата с начислениями	C <sub>з</sub>	коп/ч.	81,92	81,92	–	81,91	81,91	–
Часовые затраты на эксплуатацию рабочего места	C <sub>чз</sub>	коп/ч.	159,8	159,8	–	159,8	159,8	–
Часовые приведенные затраты (без капитального вложения)	C <sub>пз</sub>	коп/ч	180,28	180,28	–	180,28	180,28	–
Себестоимость изготовления единицы годной продукции (без капитальных вложений)	C	коп.	12,40	6,995	19,395	11,66	5,985	17,555
Принятое число станков	m <sub>пр</sub>	шт.	2	1	–	2	1	–
Удельные капитальные вложения в здание на единицу произведенной продукции	K <sub>з</sub>	коп.	0,9	0,45	1,35	0,9	0,45	1,35
Удельные капитальные вложения в станок на единицу произведенной продукции	K <sub>с</sub>	коп.	15,44	10	25,44	15,44	10	25,44
Удельные капитальные вложения в производственные фонды на единицу произведенной продукции	K'	коп.	16,34	10,45	26,79	16,34	10,45	26,79
Удельные капитальные вложения в производственные фонды на единицу годной продукции	K	коп.	17,21	10,67	27,88	16,18	10,41	26,59
Годовой экономический эффект	Э	руб.	–	–	–	–	–	2030

## **Заключение**

Как показывает расчет, подтвержденный опытом внедрения данных методов повышения точности цилиндрических шестерен в условиях ВГТЗ, МТЗ, МЗШ, их использование на операциях зубофрезерования и шевингования позволяет получить годовой экономический эффект около 2 тыс. руб. в ценах на 1.01.1991 г. при выпуске 100 тыс. прямозубых цилиндрических зубчатых колес типичной для отечественного тракторостроения конструкции при применении современной технологии их изготовления.

При условии использования данных методов в масштабах МТЗ при изготовлении цилиндрических зубчатых колес тракторных трансмиссий и учитывая, что потребность в подобных колесах на 1.01.2005 г. составляет около 1,6 млн. штук, суммарный годовой экономический эффект от внедрения указанных методов на МТЗ может достичь порядка 32 тыс. руб. (в ценах на 1.01.1991 г.) или около 35 тыс. долл. США.

## **ЛИТЕРАТУРА**

1. Кане М.М. Технологическое обеспечение качества высоконагруженных передач с эвольвентными цилиндрическими зубчатыми колесами. Диссертация на соискание ученой степени докт. техн. наук. –Мн., БГПА, 1996. –506 с.
2. Кане М.М., Медведев А.И., Каганер А.А. Точность и стоимость цилиндрических зубчатых колес.// Теория и практика машиностроения, №2, 2004. –С. 36-40.
3. Методика определения экономической эффективности использования в народном хозяйстве новой техники, изобретений и рационализаторских предложений. –М.: Госкомитет СМ СССР по науке и технике, 1977. –55 с.
4. Гамрат-Курек Л.И., Иванов К.Ф. Выбор варианта изготовления изделий и коэффициенты затрат. –М.: Машиностроение, 1985. –275 с.

*УДК 621.993-187*

**Шагун В.И.**

## **ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ РЕЖУЩЕЙ ЧАСТИ МЕТЧИКА НА ОТКЛОНЕНИЕ ШАГА РЕЗЬБЫ В ЧУГУНЕ**

*Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь*

Резьбовые сопряжения широко распространены в машино- и приборостроении. Статическая прочность и выносливость резьбовых соединений может изменяться на 50% и более в зависимости от точности параметров профиля