

УДК 621.923.42

*Геннадий Веремей***АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА ВОССТАНОВЛЕНИЯ СЁДЕЛ  
КЛАПАНОВ В АВТОРЕМОНТНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ***Геннадий Веремей***АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЦЕСУ ВІДНОВЛЕННЯ СІДЕЛ КЛАПАНІВ  
У АВТОРЕМОНТНОМУ ВИРОБНИЦТВІ***Gennadii Veremei***THE EFFICIENCY ANALYSIS OF VALVE SEATS OVERHAUL PROCESS  
IN AUTO REPAIRING INDUSTRY**

*Проведён анализ эффективности процесса восстановления сёдел клапанов путём оценки производительности разработанного технологического оборудования и её сравнения с показателями трудоёмкости обработки известных производителей оснащения в современном авторемонтном производстве.*

**Ключевые слова:** анализ трудоёмкости, процесс дефектации, сёдла клапанов, производительность обработки, процесс восстановления.

*Табл.: 4. Библ.: 7.*

*Проведено аналіз ефективності процесу відновлення сідел клапанів за допомогою оцінювання продуктивності розробленого технологічного обладнання та порівняння з показниками трудомісткості оброблення відомих виробників оснащення в сучасному авторемонтному виробництві.*

**Ключові слова:** аналіз трудомісткості, процес дефектації, сідла клапанів, продуктивність оброблення, процес відновлення.

*Табл.: 4. Бібл.: 7.*

*The efficiency analysis of the valve seats overhaul process by assessing the productivity of the designed technological equipment and its comparison with indicators of processing complexity for known equipment manufacturers in the modern car repairing industry was carried out.*

**Key words:** complexity analysis, flaw detection process, valve seats, productivity of processing, overhaul process.

*Табл.: 4. Бібл.: 7.*

**Постановка проблемы.** В современном авторемонтном производстве газораспределительных механизмов (ГРМ) двигателей внутреннего сгорания (ДВС) процессы восстановления сёдел клапанов отличаются повышенной трудоёмкостью в силу недостаточного совершенства применяемого оборудования и ремонтных технологий. Использование существующего оснащения не позволяет обеспечить требуемое качество обработки сёдел клапанов и требует дополнительно применения трудоёмких ручных операций, что значительно снижает производительность обработки при проведении восстановительного ремонта. Поэтому вопрос повышения эффективности процесса восстановления сёдел клапанов за счёт снижения трудоёмкости их обработки без потерь в качестве является актуальной задачей в области капитальных ремонтов ГРМ.

**Анализ исследований и публикаций.** Практические исследования и обзор литературных источников [4] показывают, что обработка сёдел клапанов в сфере машиностроения является не просто решаемой технологической задачей. В основном производстве эта проблема решается путём использования специализированного оборудования на базе станков с CNC, эксплуатация которого в авторемонтной промышленности является экономически нецелесообразной. Мониторинг существующего авторемонтного оборудования для обработки сёдел клапанов указал на применение, в основном, оборудования в виде портативных шлифовальных машинок и лезвийных приспособлений ручного типа (компании-производители: Rossi&Kramer (Италия), Neway (Китай), Chris Marine (Швеция), Прицизион (Россия) и др.) [2]. Исследование большинства ремонтных технологий указало на наличие финишных притирочных операций при восстановлении сёдел клапанов с целью обеспечения требуемого параметра шероховатости обрабатываемых поверхностей. В работе [3] разработано специальное оборудование, а также предложен метод обработки, режущий инструмент (РИ) и материал, позволяю-

щие исключить операцию по притирке и обеспечить требуемые параметры качества сёдел клапанов.

**Цель статьи.** Провести анализ эффективности процесса восстановления сёдел клапанов путём оценки производительности нового разработанного технологического оборудования [3; 6; 7] и сравнить её с показателями трудоёмкости технологий у известных производителей аналогичного оснащения в современном авторемонтном производстве.

**Изложение основного материала.** Эффективность любого производства в обобщенной форме [4] характеризуется его результативностью и определяется как отношение результатов производства к общим затратам. При расчете общих затрат применяют систему конкретных показателей, основным из которых является производительность труда.

В данной работе анализ эффективности процесса восстановления сёдел клапанов проводится по показателю производительности путём проведения оценки трудоёмкости его выполнения [2].

Производительность ремонтного производства определяется количеством деталей, восстанавливаемых в единицу времени. Тогда часовая производительность [1]:

$$N_{\text{час}} = 60 / t_{\text{ПВ}}, \text{ шт/ч}, \quad (1)$$

где  $t_{\text{ПВ}}$  – общий показатель трудовых затрат, требуемых для обработки одной головки блока ДВС.

Общий показатель трудовых затрат на дефектацию и обработку:

$$t_{\text{ПВ}} = t_{\text{ПД}} + t_{\text{ПО}}, \quad (2)$$

где –  $t_{\text{ПВ}}$ ,  $t_{\text{ПД}}$ ,  $t_{\text{ПО}}$ , соответственно, трудоёмкость выполнения процессов восстановления, дефектации и обработки сёдел клапанов.

Тогда суммарные временные затраты на выполнение всех операций процесса восстановления:

$$t_{\text{ПВ}} = \sum_{i=1}^m t_{\text{шк}_i}^{\text{ПД}} + \sum_{j=1}^k t_{\text{шк}_j}^{\text{ПО}}, \quad (3)$$

где  $t_{\text{ПД}} = \sum_{i=1}^m t_{\text{шк}_i}^{\text{ПД}}$  и  $t_{\text{ПО}} = \sum_{j=1}^k t_{\text{шк}_j}^{\text{ПО}}$  – суммарная трудоёмкость выполнения всех операций в процессах дефектации и обработки, соответственно;

$t_{\text{шк}_i}^{\text{ПД}}$  – трудоёмкость (штучно-калькуляционное время) выполнения операции дефектации;

$t_{\text{шк}_j}^{\text{ПО}}$  – трудоёмкость (штучно-калькуляционное время) выполнения операции обработки;

$m$  и  $k$  – количество всех операций при дефектации и обработке.

Трудоёмкость выполнения операции процессов дефектации и обработки, соответственно:

$$t_{\text{шк}}^{\text{ПД}} = \frac{1}{n} t_{\text{нз}}^{\text{ПД}} + t_{\text{шт}}^{\text{ПД}}, \quad t_{\text{шк}}^{\text{ПО}} = \frac{1}{n} t_{\text{нз}}^{\text{ПО}} + t_{\text{шт}}^{\text{ПО}}, \quad (4)$$

где  $t_{\text{нз}}^{\text{ПД}}$  и  $t_{\text{шт}}^{\text{ПД}}$  – подготовительно-заключительное и штучное время на выполнение процесса дефектации;

$t_{\text{нз}}^{\text{ПО}}$  и  $t_{\text{шт}}^{\text{ПО}}$  – подготовительно-заключительное и штучное время на выполнение процесса обработки;

$n$  – количество сёдел, подаваемых одновременно на рабочее место.

Штучное время, расходуемое в процессе выполнения дефектации и обработки одного седла клапана:

$$t_{ум}^{ПД} = t_{ом}^{ПД} + t_{\delta}^{ПД}, \quad t_{ум}^{ПО} = t_{ом}^{ПО} + t_{\delta}^{ПО}, \quad (5)$$

где  $t_{ом}^{ПД}$  и  $t_{\delta}^{ПД}$  – основное технологическое и вспомогательное время, расходуемое на выполнение дефектации одного седла клапана;

$t_{ом}^{ПО}$  и  $t_{\delta}^{ПО}$  – основное технологическое (машинное) и вспомогательное время, расходуемое на обработку одного седла клапана.

В процессе дефектации при оценке состояния изношенного седла клапана методом использования профилограмм и круглограмм мерительные операции проводятся в 4-х вертикальных сечениях и радиальном направлении (3-х поперечных сечениях) [2]. Тогда:

$$t_{ом}^{ПДП} = \frac{L_m \cdot w}{60 \cdot V_{П}}, \quad t_{ом}^{ПДК} = \frac{2\pi \cdot R_{св} \cdot q}{60 \cdot \omega_K}, \quad (6)$$

где  $t_{ом}^{ПДП}$  – основное технологическое время на выполнение операции получения профилограмм (мин);

$L_m$  – длина трассы контролируемой поверхности (мм);

$w$  – количество замеров (соответствует числу продольных сечений);

$V_{П}$  – скорость перемещения иглы профилометра (мм/с);

$t_{ом}^{ПДК}$  – основное технологическое время на выполнение операции получения круглограмм (мин);

$R_{св}$  – радиус седла впускного клапана (мм) (в расчёте принимается больший радиус седла с целью определения максимальных трудовых затрат);

$q$  – количество замеров (соответствует числу поперечных сечений);

$\omega_K$  – окружная скорость иглы кругломера (мм/с).

В соответствии с данными табл. 1 и формулами (2–6) в табл. 2 представлены результаты расчётов общих трудовых затрат и составляющих трудоёмкости выполнения процессов дефектации и обработки седел клапанов. Часовая производительность процесса восстановления седел клапанов при ремонте 8-клапанной головки ДВС, в соответствии с формулой (1),  $N_{час} = 60/79,6 = 0,75$  шт/ч.

Таблица 1

*Входные данные для расчёта составляющих трудоёмкости процессов дефектации и обработки седел клапанов*

м, шт	к, шт	п, шт	в, шт	q, шт	$L_m$ , мм	$R_{св}$ , мм	$V_{П}$ , мм/с	$\omega_K$ , мм/с
8	8	8	4	3	2	35	3	2,75

Таблица 2

*Результаты расчётов составляющих трудоёмкости восстановления 8-клапанной головки ДВС*

Показатель трудовых затрат	Расчётное значение показателя, мин
1	2
Трудоёмкость восстановления ( $t_{ПВ}$ )	79,6
Трудоёмкость процесса дефектации ( $t_{ПД}$ )	65,12
Трудоёмкость процесса обработки ( $t_{ПО}$ )	14,5
Штучно-калькуляционное время выполнения дефектации ( $t_{шк}^{ПД}$ )	8,14
Штучно-калькуляционное время выполнения обработки ( $t_{шк}^{ПО}$ )	1,81
Подготовительно-заключительное время на выполнение процесса дефектации ( $t_{пз}^{ПД}$ )	4,8

Окончание табл. 2

1	2
Подготовительно-заключительное время на выполнение процесса обработки ( $t_{nz}^{ПО}$ )	2,5
Штучное время на выполнение операции дефектации ( $t_{um}^{ПД}$ )	7,54
Штучное время на выполнение операции обработки ( $t_{um}^{ПО}$ )	1,5
Основное технологическое время на выполнение дефектации одного седла ( $t_{om}^{ПД}$ )	2,04
Вспомогательное время на выполнение дефектации одного седла ( $t_{\delta}^{ПД}$ )	7,5
Машинное время на обработку одного седла ( $t_{om}^{ПО}$ )	0,3
Вспомогательное время на обработку одного седла ( $t_{\delta}^{ПО}$ )	1,2

Сравнительные показатели трудоёмкости существующих ремонтных технологий восстановления сёдел клапанов при абразивной и лезвийной обработке приведены в табл. 3.

Таблица 3

*Сводная таблица сравнения показателей трудоёмкости существующих ремонтных технологий восстановления сёдел клапанов*

Вид обработки (оборудование, производитель)		Показатель трудоёмкости				Всего процесса обработки, мин
		Основное технологическое время, мин		Штучное время, мин		
		На формообразование	На притирку	На формообразование	На притирку	
Абразивная обработка	Машинная (шлифовальная портативная машинка, Rossi&Kramer, Италия)	1,9	0,3	2,4	0,8	28,6
	Машинная (шлифовальная портативная машинка Р-176, Прицизион, Россия)	2,4	0,3	2,9	0,8	32,6
Лезвийная обработка	Ручная (многолезвийные головки, Neway, Китай)	0,9	0,5	1,1	1,3	19,4
	Машинная (станочное приспособление для зенкования, бывший СССР)	0,6	0,5	1,9	1,5	29,2
	Машинная (станочное приспособление для растачивания профильной пластиной, Украина)	0,3	-	1,5	-	14,5

Для полной оценки повышения эффективности процесса восстановления сёдел клапанов по показателям капиталоотдачи, материалоотдачи, энергоёмкости и производительности может быть использован интегральный показатель эффективности, который учитывает влияние всех факторов производства и рассчитывается по формуле [2]:

$$E = \frac{Q}{P + M + \gamma \cdot K}, \tag{7}$$

где  $E$  – эффективность производства;  $Q$  – объем произведенной продукции;  $P$  – затраты труда;  $M$  – затраты материалов;  $K$  – затраты основного капитала;  $\gamma$  – коэффициент перевода затрат одноразовых вложений в основной капитал.

Формула (7) в модифицированном виде может быть применена для оценки экономической эффективности авторемонтных работ

$$E_{рем} = \frac{C \cdot K_{рем}}{P + M + O}, \tag{8}$$

где  $E_{рем}$  – эффективность ремонтного производства;

$M$  – затраты материалов (тыс. грн);

$P$  – трудозатраты (тыс. грн);

$O$  – использование (затраты) основного оборудования (тыс. грн);

$K_{рем}$  – количество отремонтированных головок блока (шт.);

$C$  – стоимость ремонта одной головки (для клиента) (тыс. грн).

Тогда по формуле (7) может быть рассчитана первичная экономическая эффективность восстановительного ремонта сёдел клапанов (таблица 4).

Таблица 4

Результаты расчёта экономической эффективности восстановительного ремонта сёдел клапанов

Основные факторы ремонтного производства	Значение показателя
Стоимость ремонта одной головки (для клиента) $C$ , тыс. грн	0,5
Количество головок, которые могут быть отремонтированы без замены лезвийного инструмента $K_{рем}$ , шт.	110
Средняя стоимость предложенного приспособления $M$ , тыс. грн	45
Использование основного оборудования (станок) $O$ , тыс. грн	1,5
Трудозатраты $P$ , тыс. грн	5
Эффективность авторемонтного производства $E_{рем}$	1,068

Показатель эффективности восстановительного ремонта сёдел клапанов  $E_{рем} > 1$ , что характеризует результативность рассматриваемого авторемонтного производства.

**Выводы и предложения.** Проведённый анализ эффективности процесса восстановления сёдел клапанов по показателю трудоёмкости с использованием предложенных методов и разработанного оборудования позволил в среднем добиться снижения трудоёмкости при выполнении восстановительного ремонта сёдел клапанов на 25 % по сравнению с временными затратами существующих традиционных технологий.

#### Список использованных источников

1. Бондаренко С. Г. Основы технологии машиностроения / С. Г. Бондаренко. – Чернигов : ЧГТУ, 2005. – 567 с.
2. Веремей Г. А. Повышение эффективности процесса восстановления сёдел клапанов в авторемонтном производстве : дис. канд. техн. наук / Г. А. Веремей. – Чернигов : ЧНТУ, 2015. – 183 с.
3. Веремей Г. А. Усовершенствование оборудования для восстановительного ремонта сёдел клапанов в газораспределительных механизмах / Г. А. Веремей // Вісник інженерної академії України. – 2014. – № 2. – С. 37–41.
4. Кальченко В. І. Технологічні методи забезпечення якості з'єднання «клапан-сідло» газорозподільного механізму двигуна внутрішнього згоряння / В. І. Кальченко, В. В. Кальченко, Г. О. Веремей // Вісник Севастопольського національного технічного університету : збірник. – Севастополь : СевНТУ, 2011. – № 121. – С. 18–21.
5. Маслов Н. Н. Эффективность и качество ремонта автомобилей / Н. Н. Маслов. – М. : Транспорт, 1981. – 304 с.
6. Патент України на корисну модель № 95725, МПК В23В 43/00. Пристрій для обробки сідел клапанів / В. В. Кальченко, С. С. Гончарук, Г. О. Веремей ; заявник і патентовласник Чернігівський національний технологічний університет. № у 2014 04435 ; опубл. 12.01.2015, Бюл. № 1.
7. Патент України на корисну модель № 95724, МПК В23В 47/00. Пристосування для базування пристрою з обробки сідел клапанів / С. С. Гончарук, Г. О. Веремей ; заявник і патентовласник Чернігівський національний технологічний університет. № у 2014 04434 ; опубл. 12.01.2015, Бюл. № 1.

#### References

1. Bondarenko, S. G. (2005). *Osnovy tekhnologii mashinostroeniia* [Mechanical Engineering Basics]. Chernihiv: ChNUT, 567 p. (in Russian).
2. Veremei, G. A. (2015). *Povyshenie effektivnosti protcessa vosstanovleniia sedel klapanov v avtoremontnom proizvodstve* [Improving valve seats restoration process efficiency in auto repair production]. *Candidate's thesis*. Chernihiv: ChNTU, 183 p. (in Russian).
3. Veremei G. A. (2014). *Usovershenstvovanie oborudovaniia dlia vosstanovitel'nogo remonta sedel klapanov v gazoraspredeletel'nykh mekhanizмах* [Technological methods to ensure the "valve seat" connection quality of gas distribution mechanism for an internal combustion engine]. *Visnyk inzhenernoi akademii Ukrainy – Bulletin of engineering academy of Ukraine*, no. 2, pp. 37–41 (in Russian).
4. Kalchenko V. I., Kalchenko V. V., Veremei H. O. (2011). *Tekhnolohichni metody zabezpechennia yakosti ziednannia «klapan-sidlo» hazorozpodil'nogo mekhanizmu dyvhuna vnutrishnoho zghoriannia* [Technological methods to ensure the "valve seat" connection quality of gas distribution mechanism for an internal combustion engine]. *Visnyk Sevastopolskoho natsionalnogo tekhnichnoho universytetu – SevNTU Journal*, no. 121, pp. 18–21 (in Ukrainian).

## TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

5. Maslov N. N. (1981). *Effektivnost i kachestvo remonta avtomobilei* [Car repair efficiency and quality]. Moscow: Transport, 304 p. (in Russian).

6. Kalchenko V. V., Honcharuk S. S., Veremei H. O. (2015). *Prystrii dlia obrobky sidel klapaniv* [Valve seats processing apparatus]. Patent Ukrain No. 95725.

7. Honcharuk S. S., Veremei H. O. (2015). *Prystosuvannia dlia bazuvannia prystroiu z obrobky sidel klapaniv klapaniv* [Tool for the device basing on processing valve seats]. Patent Ukrain No. 95724.

**Веремей Геннадій Александрович** – кандидат технічних наук, старший преподаватель кафедри автомобільного транспорту, машиностроєння і промислового дизайну, Чернігівський національний технологічний університет (ул. Шевченка, 95, г. Чернігів, 14027, Україна).

**Веремей Геннадій Олександрович** – кандидат технічних наук, старший викладач кафедри автомобільного транспорту, машинобудування та промислового дизайну, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14027, Україна).

**Veremei Gennadii** – PhD in Technical Sciences, senior lecturer of Automobile Transport, Machine Building and Industrial Design Department, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenka Str., 14027 Chernihiv, Ukraine).

**E-mail:** gennady\_1972@mail.ru

УДК 621.93

*Любов Ковальова, Сергій Майданюк*

### **МОДЕЛЮВАННЯ ЗУСИЛЬ РІЗАННЯ КРУГЛИМИ ПИЛКАМИ З РІЗНОНАПРАВЛЕНИМИ ЗУБЦЯМИ**

*Любовь Ковалева, Сергей Майданюк*

### **МОДЕЛИРОВАНИЕ УСИЛИЙ РЕЗАНИЯ КРУГЛЫМИ ПИЛАМИ С РАЗНОНАПРАВЛЕННЫМИ ЗУБЬЯМИ**

*Liubov Kovalova, Serhii Maidaniuk*

### **MODELING OF CUTTING FORCES CIRCULAR SAWS WITH MULTI-DIRECTIONAL TEETH**

*Проведено математичне моделювання зусиль різання під час оброблення круглими пилами з різнонаправленими зубцями на основі експериментальних досліджень. Вперше отримано аналітичні залежності зусиль різання круглими пилами з різнонаправленими зубцями. Адекватність встановлених аналітичних залежностей підтверджена експериментальним шляхом, що свідчить про можливість їх використання у ході розроблення практичних рекомендацій з вибору раціональних оптимальних геометричних параметрів та режимів різання круглих пилок з різнонаправленими зубцями.*

**Ключові слова:** *кругла пила, геометричні параметри, зусилля різання, математичне моделювання.*

*Рис.: 2. Табл.: 1. Бібл.: 12.*

*Проведено математическое моделирование усилий резания при обработке круглыми пилами с разнонаправленными зубьями на основе экспериментальных исследований. Впервые получены аналитические зависимости усилий резания круглыми пилами с разнонаправленными зубьями. Адекватность установленных аналитических зависимостей подтверждена экспериментальным путем, что свидетельствует о возможности их использования при разработке практических рекомендаций по выбору рациональных оптимальных геометрических параметров и режимов резания круглых пил с разнонаправленными зубьями.*

**Ключевые слова:** *круглая пила, геометрические параметры, усилия резания, математическое моделирование.*

*Рис.: 2. Табл.: 1. Библ.: 12.*

*In the work it is studies mathematical modeling of cutting forces when machining circular saws with multi-directional teeth on the basis of experimental researches. For the first time it has been obtained the analytical dependence of cutting forces of circular saws with multi-directional teeth. The adequacy of established analytical dependences is confirmed experimentally, that suggests the possibility of their use in the development of practical recommendations for the optimal choice of rational geometrical parameters and cutting conditions for circular saw with multi-directional teeth.*

**Key words:** *circular saw, geometrical parameters, cutting forces, mathematical modeling.*

*Fig.: 2. Tabl.: 1. Bibl.: 12.*

**Постановка проблеми.** Зі зростанням вимог до виготовлення заготовок, зниження витрат матеріалу за рахунок підвищення точності та шорсткості оброблення, зменшення розмірів задирок на торцевих оброблюваних поверхнях постає завдання розроблення круглих пилок підвищеної точності та працездатності.

Оброблення матеріалів різанням є складним процесом, який супроводжується різноманітними фізичними, хімічними і динамічними явищами. Під час здійснення різання використовується складна технологічна система верстат–пристрій–інструмент–