

Министерство образования Республики Беларусь  
Учреждение образования  
«Полоцкий государственный университет»

**УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ ЭКОНОМИКИ:  
МЕЖДУНАРОДНЫЕ И НАЦИОНАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ**

Электронный сборник статей

II Международной научно-практической конференции,  
посвященной 50-летию Полоцкого государственного университета

(Новополоцк, 7–8 июня 2018 г.)

Новополоцк  
Полоцкий государственный университет  
2018

**Устойчивое развитие экономики: международные и национальные аспекты**  
[Электронный ресурс] : электронный сборник статей II международной научно-практической конференции, посвященной 50-летию Полоцкого государственного университета, Новополоцк, 7–8 июня 2018 г. / Полоцкий государственный университет. – Новополоцк, 2018. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).

Впервые материалы конференции «Устойчивое развитие экономики: международные и национальные аспекты» были изданы в 2012 году (печатное издание).

Рассмотрены демографические и миграционные процессы в контексте устойчивого развития экономики; обозначены теоретические основы, практические аспекты управления человеческими ресурсами; выявлены и систематизированы драйверы инклюзивного экономического роста в Беларуси и за рубежом; раскрыты актуальные финансовые и экономические аспекты развития отраслей; приведены актуальные проблемы и тенденции развития логистики на современном этапе; отражены современные тенденции совершенствования финансово-кредитного механизма; освещены актуальные проблемы учета, анализа, аудита в контексте устойчивого развития национальных и зарубежных экономических систем; представлены новейшие научные исследования различных аспектов функционирования современных коммуникативных технологий.

Для научных работников, докторантов, аспирантов, действующих практиков и студентов учреждений высшего образования, изучающих экономические дисциплины.

*Сборник включен в Государственный регистр информационного ресурса. Регистрационное свидетельство № 3061815625 от 23.05.2018.*

Компьютерный дизайн М. С. Мухоморовой  
Технический редактор А. Э. Цибульская.  
Компьютерная верстка Т. А. Дарьяновой.

211440, ул. Блохина, 29, г. Новополоцк, Беларусь  
тел. 8 (0214) 53 05 72, e-mail: a.lavrinenko@psu.by

## МЕТОДИКА РАСЧЁТА ЭКОНОМИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ИЗДЕЛИЯХ ДЕТАЛЕЙ С ПОВЫШЕННЫМ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫМ РЕСУРСОМ

*В.А. Горохов, д-р техн. наук, проф., Полоцкий государственный университет,  
г. Новополоцк, Республика Беларусь*

В работах [1-3] отражены пути улучшения эксплуатационных свойств изготавливаемых и восстанавливаемых деталей за счет применения прогрессивных материалов и технологических процессов, включая формообразующе-отделочную обработку поверхностным пластическим деформированием (ППД) и образование на рабочих поверхностях деталей и соединений регулярных нанорельефов (НРР). Не вызывает сомнений, что улучшение износостойкости, антизадирности, прочности, герметичности и других эксплуатационных свойств деталей и их соединений оказывает заметное влияние на их эксплуатационный ресурс и на технико-экономическую сторону работы изделий. Наноструктурные материалы наиболее весомо влияют на свойства деталей. Металлические наноматериалы, например, имеют микротвёрдость в 2-7 раз и прочность при растяжении в 1,5-2 раза, превышающую эти показатели обыкновенных аналогов. Керамические наноструктурные материалы приобретают повышенную пластичность при низких температурах, что позволяет осуществлять с ними экструзию и прокатку. С уменьшением размеров нанозёрен у всех наноматериалов наблюдается увеличение теплоёмкости, особенно у материалов, получаемых прессованием из нанопорошков, и коэффициента объёмного термического расширения.

Одним из значимых направлений снижения затрат материалов, энергии и трудовых ресурсов при ремонте машин является восстановление деталей. Повторное, а в ряде случаев неоднократное использование отработавших ресурс деталей в расчете на 1 млн. у. е. экономит народному хозяйству стран СНГ около 0,2 млн. тонн металлопроката. Восстановление изношенных деталей на 500 млн. у. е. соответствует поставкам новых запасных частей примерно на 800 млн. у. е. Как показывает опыт ремонтных предприятий, важный резерв экономии материалов, энерго- и трудовых ресурсов состоит в правильном выборе конструкционного материала, технологии восстановления и использовании остаточного ресурса изношенных деталей.

Эффективность улучшения эксплуатационных свойств деталей обычно определяется по себестоимости производства и долговечности изготовленных и восстановленных по разным технологиям деталей. Долговечность в данном случае – комплексный показатель, характеризующий деталь по износостойкости и усталостной прочности после изготовления. Коэффициент долговечности  $K_d$  является произведением коэффициентов износостойкости  $K_u$  и усталостной прочности  $K_{\sigma-1}$

$$K_d = K_u K_{\sigma-1}.$$

Значения коэффициента  $K_d$ , например, для металлопокрытий с учетом коэффициентов  $K_u$  и  $K_{\sigma-1}$  такие: для металлопокрытий вибродуговой наплавкой электродом проволокой Нп-65Г – 1,24; наплавкой под слоем легирующего флюса АН-348А – 5,78; наплавкой под сло-

ем керамического флюса АНК-18 – 1.46; железнением с твердостью покрытия 5200–5600 HV – 3,31. Для оценки эффективности, например, обработки ППД необходимо сравнить эту обработку с обычной отделочной обработкой рабочей поверхности изготавливаемой или восстанавливаемой детали тонким шлифованием.

Экономическая эффективность  $\mathcal{E}_3$  использования деталей с улучшенными эксплуатационными свойствами и эксплуатационным ресурсом, например, при замене шлифования на алмазное выглаживание определяется так:

$$\mathcal{E}_3 = K_d(C_{\text{шл}} - C_в),$$

где  $C_{\text{шл}}$  – технологическая себестоимость обработки шлифованием, у.е.;

$C_в$  – технологическая себестоимость обработки выглаживанием, у.е.

В качестве примера в таблице 1 приведены сводные данные по расчету экономической эффективности алмазного выглаживания только по одному методу покрытия – наплавкой.

Таблица 1. – Экономическая эффективность деталей при алмазном выглаживании вместо тонкого шлифования с образованием полностью регулярного нанорельефа (ПРНР)

Способ упрочнения (восстановления износа)	Годовой объем выпуска, шт	Затраты на обработку, у.е.		Экономическая эффективность $\mathcal{E}_3$ с учетом повышения ресурса деталей, у.е.
		тонким шлифованием (полированием), $C_{\text{шл}}$	алмазным выглаживанием, $C_в$	
Наплавка под слоем флюса АН-348А	24500	3086,74	2375,14	$711,6 \cdot 5,78 = 4113,05$
Вибродуговая наплавка проволокой Нп65Г	12000	1420,54	1155,70	$264,84 \cdot 1,24 = 328,40$
Наплавка под слоем флюса АН-348А	3500	440,96	339,31	$101,65 \cdot 5,78 = 587,54$
Железнение с обеспечением твердости HV 5200-5600 МПа	6500	983,54	834,40	$149,14 \cdot 3,31 = 493,65$

Следует отметить, что при подсчете технологической себестоимости учтены только те показатели, которые зависят от варианта обработки, но не учтены другие затраты (амортизация оборудования, СОЖ, обтирочные материалы и т. п.), так как в том и другом случаях они имеют практически малозначимые отличия.

В приведенных расчетах не учтены также другие показатели, в том числе снижение затрат при сокращении потребности в запасных частях, затраты на разборочно-сборочные работы, связанные с заменой изношенных деталей, потери в связи с простоем техники в ремонте и т. д. Действительная экономическая эффективность использования деталей с улучшенными эксплуатационными свойствами с учетом приведенных выше факторов будет выше, чем указано в таблице 1. Кроме того, приведенные в этой таблице результаты показывают, что с увеличением объема выпуска восстановленных деталей экономическая эффектив-

ность возрастает. Экономическая эффективность возрастает также за счет снижения себестоимости восстановления деталей, на специализированных предприятиях (табл. 2).

Таблица 2. Себестоимость восстановления деталей на специализированном и неспециализированном предприятиях

Наименование детали	Себестоимость изготовления, у. е.		Снижение себестоимости, %
	на специализированном предприятии	на неспециализированном предприятии	
Коленчатые валы:			
ДВС ЗИЛ	14,40	19,20	33,4
ДВС ГАЗ	12,44	14,90	19,0
Блоки цилиндров:			
ДВС ЗИЛ	17,37	22,97	32,1
ДВС ГАЗ	16,15	21,45	32,7
Головка блока цилиндров			
ДВС ЗИЛ	1,25	1,64	31,3
Детали автомобиля ЗИЛ:			
Полуось	1,28	1,56	21,8
Труба полуоси	1,40	1,74	24,0
Коробка дифференциала	0,47	0,57	21,2
Крестовина кардана	0,65	0,72	11,0

Производительность труда на специализированных предприятиях возрастает до 85 %, что положительно сказывается на снижении себестоимости и улучшении эксплуатационных свойств деталей за счет увеличения возможностей применения прогрессивных технологий и средств технологического оснащения промышленного уровня.

Новая методика [1, 3] определения экономического эффекта с учетом улучшения эксплуатационных свойств изготовленных, упрочнённых и восстановленных деталей базируется на определении годовых приведенных затрат применительно к одной детали:

$$Z = e + E_n K,$$

где  $Z$  – приведенные годовые затраты, связанные с восстановлением одной детали, руб./год;

$e$  – эксплуатационные расходы, руб./год;

$E_n$  – нормативный коэффициент капитальных вложений, обычно  $E_n = 0,15$ ;

$K$  – капитальные затраты, руб./деталь.

Для определения экономического эффекта необходимо учитывать эксплуатационные расходы  $e$ , которые различаются в сравниваемых вариантах изготовления или восстановления деталей:

$$e = S_3 + S_n,$$

где  $S_3$  – ежегодные затраты, связанные с заменой деталей в машине, руб./год;

$S_n$  – ежегодный ущерб, обусловленный простоями машины во время ремонта, руб./год.

Затраты труда  $S_3$ , связанные с заменой изношенной детали, зависят в основном от сложности узла, в который входит деталь и определяются отдельно для каждого случая

$$S = \frac{z + B}{t_{cl}},$$

где  $z$  – цена детали, руб./деталь;

$B$  – зарплата с начислениями рабочего, осуществляющего замену детали, руб.;

$t_{cl}$  – срок службы детали (ресурс) до замены, лет.

Ежегодный ущерб  $S_n$  от простоя машины во время замены детали определяется по выражению

$$S_n = \frac{t_3 S_q}{t_{cl}},$$

где  $t_3$  – время, необходимое для замены детали, ч;

$S_q$  – убыток от одного часа простоя машины, руб./ч.

Убытки от одного часа простоя машины (станка, автомобиля и т. д.) определяются по объему работы в денежном выражении, который могла бы выполнить машина за время простоя в ремонте (стоимость продукции, например).

Основным элементом в цене детали является технологическая себестоимость  $C_m$ , которая охватывает все затраты производства, включая зарплату производственных рабочих, затраты, обусловленные использованием оборудования, оснастки, помещения и т.д. Приближенный метод расчета  $C_m$  основан на использовании нормативов затрат, приходящихся на 1 мин работы оборудования. Уточненный метод базируется на поэлементном расчете расходов, приходящихся на изготовление или восстановление детали.

Таким образом, с некоторым приближением (поскольку взята себестоимость, а не цена детали) формулы приведенных годовых затрат на изготовление или восстановление деталей имеют вид:

– до внедрения прогрессивной новой технологии

$$Z_1 = S_{31} + S_{n1} + E_n C_{m1},$$

– после внедрения новой технологии

$$Z_2 = S_{32} + S_{n2} + E_n C_{m2}.$$

Экономическая эффективность использования восстановленных деталей с улучшенными эксплуатационными свойствами составляет

$$\Delta_{эф} = (Z_1 - Z_2)N,$$

где  $N$  – объем изготовления или восстановления деталей по новой технологии, шт.

Срок окупаемости  $T_{ок}$  (лет) дополнительных капитальных затрат

$$T_{ок} = \frac{K_2 - K_1}{\Delta_{эф}},$$

где  $K_1, K_2$  – годовые капитальные вложения по базовому и новому технологическому процессу, руб.

На основании статистических данных о ресурсе и надежности работы техники и данных об улучшении эксплуатационных свойств изготовленных или восстановленных деталей с

использованием прогрессивных материалов и технологий был определен экономический эффект применения деталей с обработкой рабочих поверхностей ППД и образованием РНР по сравнению с деталями, обработанными по старой технологии резанием с образованием наношероховатости. С увеличением годового объема восстановления и изготовления деталей на запасные части экономические эффекты будут пропорционально возрастать.

Из анализа данных следует, что при отделке восстанавливаемых деталей ППД, удельные ежегодные эксплуатационные расходы, связанные с вынужденной заменой деталей (узлов), а также удельные приведенные годовые затраты при обработке ППД снижаются.

Износостойкость пробок, подвергавшихся комплексной обработке – алмазным выглаживанием + вибровыглаживанием, восстанавливающим размер калибров, возрастает в 3 раза. Это значит, что для выполнения того же объема контрольных работ (количества замеров отверстий диаметром 12 – 22 мм) предприятию понадобится в 3 раза меньше пробок, восстановленных ППД.

Из анализа данных Алтайского приборостроительного завода «Ротор», подтвержденных актами внедрения за один год, следует, что экономический выбор технологий восстановления деталей и отделки их рабочих поверхностей должен производиться не только на основании минимума трудоемкости и себестоимости, но и с учетом улучшения эксплуатационных свойств изготовленных и восстановленных деталей и инструмента, увеличения ресурса их эксплуатации. Так, несмотря на то, что технологическая себестоимость восстановления и отделки, например, пробок ППД за счет высокой стоимости алмазного выглаживателя (естественный алмаз разновидности «Баллас»), двойного прохода поверхности и незначительного объема восстановления инструмента (мелкосерийное производство) на предприятии возросла с 1,03 до 1,12 у.е., внедрение прогрессивной технологии оказалось экономически оправданным, что достигнуто за счет повышения ресурса эксплуатации восстановленных ППД пробок в 3 раза.

Экономический эффект, рассчитанный только по себестоимости изготовления и восстановления деталей и инструмента, по данным завода составил 11400 у. е., а при расчете по новой методике с учетом улучшения свойств изделий удалось выявить дополнительную составляющую эффекта – 8200 у. е.

Описанная методика полного расчета экономического эффекта используется на многих промышленных и ремонтных предприятиях стран СНГ как для определения экономического эффекта, так и для экономического сравнения вариантов техпроцессов упрочнения и восстановления деталей машин.

#### **Список использованных источников**

1. Горохов, В.А. Технологические пути улучшения качества и свойств прецизионных деталей / В.А. Горохов. – М.: СНИО СССР, 1991. – 69 с.
2. Горохов, В.А. Технология обработки материалов: учебное пособие / В.А. Горохов. – Минск: Бераруская навукa, 2000. – 439 с.
3. Горохов, В.А. Технология, оснащение и организация ремонтно-восстановительного производства: учебник / В.А. Горохов, В.П. Иванов, А.Г. Схиртладзе; под ред. В.П. Иванова. – Старый Оскол: ТНТ, 2013. – 552 с.