

УДК 338.984

М.С. Разумов, А.С. Солошенко, А.Н. Корниенко

ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет», Курск,
email: mika_1984_@mail.ru

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ВОССТАНОВЛЕНИЯ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ВАЛОВ

Ключевые слова: геометрическая точность, распределительный вал, наплавка.

Количество автомобильного транспорта на дорогах нашей страны неуклонно растет из года в год. Как показывают технико-экономические расчеты, сбалансированное снабжение ремонтных организаций в сфере эксплуатации техники запасными частями целесообразно осуществлять с учетом периодического восстановления работоспособности ее деталей. Восстановление деталей машин обеспечивает экономию металла, топлива, энергетических и трудовых ресурсов, в том числе, за счет экономии на технологических операциях по восстановлению деталей, которых требуется в 5-8 раз меньше по сравнению с изготовлением новых деталей, а также охрану окружающей среды. Проведенный технико-экономический анализ показал, что организация участка по восстановлению деталей автотракторных двигателей является прибыльным.

M.S. Razumov, A.S. Soloshenko, A.N. Kornienko

Southwest State University, Kursk, email: mika_1984_@mail.ru

TECHNICAL AND ECONOMIC ANALYSIS OF CAMSHAFT RESTORATION

Keywords: geometric accuracy, camshaft, surfacing.

The number of motor vehicles on the roads of our country is steadily growing from year to year. As technical and economic calculations show, a balanced supply of repair organizations in the field of equipment operation with spare parts is advisable, taking into account the periodic restoration of the operability of its parts. The restoration of machine parts provides savings in metal, fuel, energy and labor resources, including through savings on technological operations for the restoration of parts, which require 5-8 times less than the manufacture of new parts, as well as environmental protection. The conducted technical and economic analysis showed that the organization of a site for the restoration of parts of automotive engines is profitable.

Количество автомобильного транспорта на дорогах нашей страны неуклонно растет из года в год. Все виды промышленности и сельского хозяйства используют автотранспорт, если не при рабочих процессах, то в ходе выполнения задач логистики [1].

Как показывают технико-экономические расчеты, сбалансированное снабжение ремонтных организаций в сфере эксплуатации техники запасными частями целесообразно осуществлять с учетом периодического восстановления работоспособности ее деталей [2].

Восстановление деталей машин обеспечивает экономию металла, топлива, энергетических и трудовых ресурсов, в том числе за счет экономии на технологических операциях по восстановлению деталей, которых требуется в 5-8 раз меньше по сравнению с изготовлением новых деталей, а также охрану окружаю-

щей среды. По данным [3] «85% деталей восстанавливают при износе не более 0,3 мм, то есть их работоспособность восстанавливается при нанесении покрытия незначительной толщины. Однако ресурс восстановленных деталей по сравнению с новыми деталями во многих случаях остается низким. В то же время имеются такие примеры, когда ресурс деталей, восстановленных прогрессивными способами, в несколько раз выше ресурса новых деталей. Высокое качество восстановления деталей может быть достигнуто совместными усилиями инженерно-технических работников и рабочих ремонтных участков. Важно, чтобы рабочие, занятые ремонтом машин и оборудования, знали не только назначение, конструкцию, износ и неисправности деталей, но и в совершенстве владели современными способами и приемами сварки и наплавки, нанесе-

ния гальванических, газотермических и полимерных покрытий, пластического деформирования, механической, термической и упрочняющей обработки» [4].

Распределительный вал – это основная деталь газораспределительного механизма, выполненный в виде вала с кулачками, при помощи которых осуществляется управление открытием и закрытием впускных и выпускных клапанов. В основном, изношенные распределительные валы в случае ремонта двигателей отбраковываются, так как капитальный ремонт двигателя говорит о предельном износе вала. В этом случае необходимо заменить распределительный вал новым валом. Но для сокращения издержек, можно прибегнуть к замене на правильно восстановленную, с технологической точки зрения, деталь.

В связи с этим одним из актуальных вопросов ремонтного производства на сегодняшний день является многократное использование изношенных деталей. Отсюда возникает необходимость в разработке рационального технологического процесса.

Для того, чтобы допустить деталь (распределительный вал) к восстановлению, необходимо, чтобы он отвечал следующим техническим требованиям:

- «твёрдость цилиндрической поверхности опорных шеек составляет от 55 до 63 HRC, кулачков от 55 до 64 HRC;
- шлифованные поверхности вала не должны иметь рисок и рытвин;
- допускается не устранять дефекты, величина которых не выходит за установленные значения;
- вал не принимается для восстановления при наличии трещин, не устраняемых обработкой под приварку;
- допуск радиального биения цилиндрических поверхностей средних опорных шеек относительно общей оси крайних не должен быть более 0,04 мм;
- биение затылков кулачков относительно общей оси крайних опорных шеек не должно превышать 0,035 мм, прямолинейность образующих поверхностей кулачков – не более 0,005 мм;
- остальные технические требования по ГОСТ 70.0001.026-80» [5].

Основными видами наплавки являются: ручная наплавка, наплавка под слоем флюса, механизированная наплав-

ка, наплавка, порошковыми проволоками, наплавка в среде защитных газов, наплавка в среде водяного пара.

На текущий момент во всем мире при ремонте распределительных валов методом газотермического напыления или электродуговой наплавки используют специализированные станки для круглой шлифовки, которые обеспечивают возвратно-поступательное движение шлифовального камня при обработке восстановленной поверхности кулачка изделия.

Примером отечественного оборудования для выполнения этой операции является полуавтомат с ЧПУ ОШ-600Ф3.1 (рис. 1).

Предназначен для чернового и чистового шлифования кулачков распределительных валов с выпуклым профилем, а также для обработки деталей аналогичного типа с закреплением в центрах или патроне и шлифовки наружных цилиндрических и конических поверхностей гладких и ступенчатых изделий.

Формообразование профиля кулачка осуществляется программно, а изменение размеров профиля кулачка – перепрограммированием системы ЧПУ.

Основным недостатком представленного вида оборудования является его стоимость и пространство, необходимое для его установки.

Таким образом, аналоги либо дорогостоящие или имеют низкую точность обработки.

Цель исследования

Цель работы: предложить комплекс восстановления геометрической точности распределительных валов после процесса наплавки и технико-экономический анализ восстановления распределительных валов.

Материал и методы исследования

Предлагается следующий технологический маршрут восстановления коленчатых валов:

1. Снятие размеров с эталонного вала. Вал помещается в патрон измерительного устройства специально разработанного и содержащего шаговый двигатель и энкодер, способный поворачивать не изношенный вал на равномерные малые углы менее одного градуса, а цифровой индикатор снимает показание (рис.2, рис. 3).

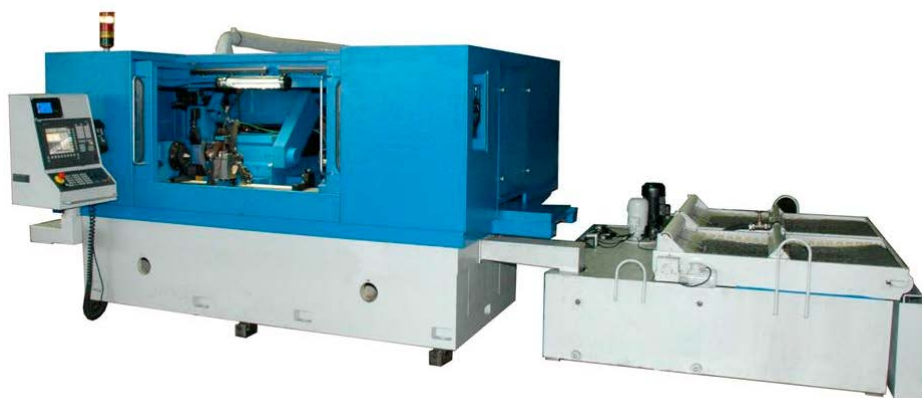


Рис. 1. Полуавтомат с ЧПУ ОШ-600Ф3.1



Рис. 2. Измерение размеров

2. На основании снятых показаний выполняется программа ЧПУ.

3. Токарный станок модернизируется установкой частотного преобразователя на главный двигатель, и установкой шагового мотора на суппорт, вместо резцового держателя ставится электромотор с шлифовальным кругом,

что позволяет обеспечить перемещение шлифовального круга на определенный размер в зависимости от поворота шпинделя (рис. 3).

Для обеспечения вращения ремонтного будет использоваться токарный его наибольшего распространения в сфере тяжелого машиностроения.

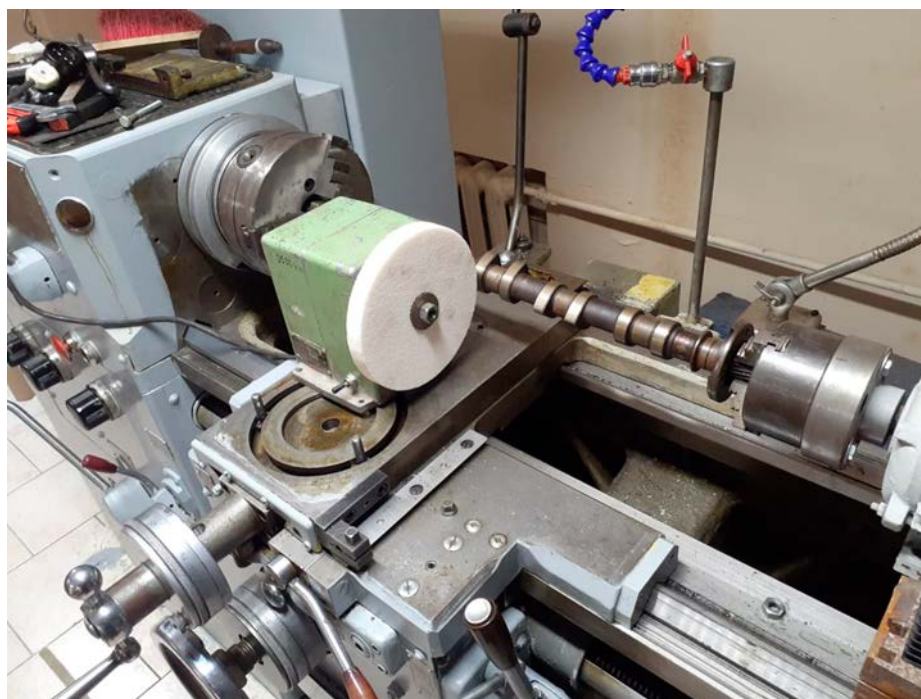


Рис. 3. Обработка коленчатого вала

Компоненты систем с ЧПУ:

- Система автоматизированного проектирования – CAD/CAM приложение
- Файл УП помещается на внешний носитель – USB флешку или посредством локальной сети передается из CAD/CAM приложения в Программу управления станком.
- Программа управления станком
- Платы электропривода
- Станок

Mach3 – это пакет программного обеспечения, который работает на ПК и превращает его в экономичную станцию управления станком. Он генерирует импульсы шага и сигналы направления, выполняя последовательно команды G-кодовой управляющей программы (УП), и посылает их на порт(ы) компьютера или внешний контроллер. Платы электропривода двигателей осей станка должны принимать сигналы шага и сигналы направления (step и dir), выдаваемые программой Mach3.

Электронный индикатор SHANE ИЦ 0-12,7 0.01 с ушком 1040552 предназначен для измерения линейных размеров изделий абсолютным и относительным

методом, а также для контроля отклонений от заданной геометрической формы и взаимного расположения поверхностей. Движущиеся части изготовлены из специальной износостойкой нержавеющей стали, с высокой износостойкостью и антикоррозийными свойствами. Четкий и понятный для чтения LCD-дисплей обеспечивает удобство эксплуатации. Простая конструкция, высокая чувствительность, точность, надежность и простота в использовании и обслуживании делают работу с инструментом комфортной.

Результаты исследования и их обсуждение

Оценка ожидаемого экономического эффекта.

Полная себестоимость восстановления распределительного вала газопорошковой наплавкой и электродуговой сваркой металлической ленты определяется суммой стоимости материалов, заработной платы производственных рабочих и накладных расходов.

Полная себестоимость восстановления распределительного вала газопорошковой наплавкой и электродуговой

сваркой металлической ленты определяется по формуле:

$$C_{\text{л}} = C_{\text{м}} + 3_{\text{п}} + C_{\text{накл}},$$

где $C_{\text{м}}$ – стоимость материалов, руб.; $3_{\text{п}}$ – заработная плата производственных рабочих, руб.;

$C_{\text{накл}}$ – накладные расходы, руб. Стоимость материалов определяется по формуле:

$$C_{\text{м}} = C_{\text{проп}} + C_{\text{пор}} + C_{\text{кисл}} + C_{\text{ленты}},$$

где $C_{\text{проп}}$ – стоимость пропана, руб.; $C_{\text{пор}}$ – стоимость порошка, руб.; $C_{\text{кисл}}$ – стоимость кислорода, руб.; $C_{\text{ленты}}$ – стоимость израсходованной ленты, руб.

Стоимость израсходованного пропана определяется по формуле:

$$C_{\text{проп}} = q_{\text{проп}} \cdot t_{\text{осн}} \cdot \Pi_{\text{проп}} \cdot k,$$

где $q_{\text{проп}}$ – расход пропана, м³/ч, $q_{\text{проп}} = 35$ м³/ч; $t_{\text{осн}}$ – основное время наплавки, мин, $t_{\text{осн}} = 0,3$ ч.; $\Pi_{\text{проп}}$ – цена пропана, руб./м³, $\Pi_{\text{проп}} = 29$ руб./м³; k – коэффициент, учитывающий потери газа, $k=1,0$.

$$C_{\text{проп}} = 35 \cdot 0,3 \cdot 29 \cdot 1 = 305 \text{ руб.}$$

Стоимость израсходованного кислорода определяется по формуле:

$$C_{\text{кисл}} = q_{\text{кисл}} \cdot t_{\text{осн}} \cdot \Pi_{\text{кисл}} \cdot k,$$

где $q_{\text{кисл}}$ – расход кислорода, м³/ч, $q_{\text{кисл}} = 70$ м³/ч; $t_{\text{осн}}$ – основное время наплавки, мин., $t_{\text{осн}} = 0,3$ ч.; $\Pi_{\text{кисл}}$ – цена кислорода, руб./м³, $\Pi_{\text{кисл}} = 15$ руб./л; ; k – коэффициент, учитывающий потери газа, $k=1,0$.

$$C_{\text{кисл}} = 70 \cdot 0,3 \cdot 15 \cdot 1 = 315 \text{ руб.}$$

Стоимость израсходованного порошка определяется по формуле:

$$C_{\text{пор}} = q_{\text{пор}} \cdot t_{\text{осн}} \cdot \Pi_{\text{пор}} \cdot k,$$

где $q_{\text{пор}}$ – расход порошка, кг/ч, $q_{\text{пор}} = 2,5$ кг/ч; $t_{\text{осн}}$ – основное время наплавки, мин., $t_{\text{осн}} = 0,3$ ч.; $\Pi_{\text{пор}}$ – цена порошка, руб./кг, $\Pi_{\text{пор}} = 700$ руб./кг; k – коэффициент, учитывающий потери порошка, $k=1,0$.

$$C_{\text{пор}} = 2,5 \cdot 0,3 \cdot 300 \cdot 1 = 225 \text{ руб.}$$

Стоимость израсходованной металлической ленты определяется по формуле:

$$C_{\text{ленты}} = l_{\text{ленты}} \cdot \Pi_{\text{ленты}} \cdot n,$$

где $l_{\text{ленты}}$ – необходимая длина на 1 опорную шейку, м, $l_{\text{ленты}} = 0,16$ м., n – количество опорных шеек, шт, $n = 5$ шт.; $\Pi_{\text{ленты}}$ – цена ленты за 1 пог. м, $\Pi_{\text{ленты}} = 4,5$ руб.

$$C_{\text{ленты}} = 0,16 \cdot 5 \cdot 4,5 = 3,6 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{м}} = 168 + 305 + 315 + 225 + 3,6 = 1016,6 \text{ руб.}$$

Основная заработная плата производственных рабочих определяется по формуле:

$$C_{\text{пр}} = \tau_{\text{ср}} \cdot C_{\text{ч}}$$

где $\tau_{\text{ср}}$ – средняя трудоемкость изготовления отдельных оригинальных деталей, принимаем 3,34; $C_{\text{ч}}$ – средняя часовая ставка рабочих, исчисляемая по 3 разряду, принимаем 155 руб.

$$C_{\text{пр}} = 3,34 \cdot 155 = 517,7 \text{ руб.}$$

Дополнительная заработная плата производственных рабочих определяется по формуле:

$$C_{\text{доп}} = (5 \dots 12) C_{\text{пр}} / 100,$$

$$C_{\text{доп}} = 12 \cdot 517,7 / 100 = 62,124 \text{ руб.}$$

Начисления по социальному страхованию определяются по формуле:

$$C_{\text{соц}} = 0,3 (C_{\text{пр}} + C_{\text{доп}}),$$

$$C_{\text{соц}} = 0,3 \cdot (517,7 + 62,124) = 173,95 \text{ руб.}$$

Полная заработная плата на наплавку распределительного вала определяется по формуле:

$$3_{\text{н}} = C_{\text{пр}} + C_{\text{доп}} + C_{\text{соц}}$$

$$3_{\text{н}} = 517,7 + 62,124 + 173,95 = 753,774 \text{ руб.}$$

Основная заработная плата на шлифовку определяется по формуле:

$$З_{ш} = 1,3 \cdot 753,774 = 980 \text{ руб.}$$

Накладные расходы определяются по формуле:

$$C_{накл} = R_{накл} \cdot З_{п},$$

где $R_{накл}$ – процент накладных расходов, $R_{накл} = 150\%$; $З_{п}$ – приведенная заработная плата,

$$З_{п} = З_{ш} + З_{н},$$

$$З_{п} = 980 + 753,774 = 1733,77 \text{ руб.}$$

$$C_{накл} = 1733,77 \cdot 150/100 = 2600 \text{ руб.}$$

$$C_{п} = 1733,77 + 2600 = 4335 \text{ руб.}$$

$$\Pi_{вост} = (C_{п} + C_{м}) \cdot H_{пр} + (C_{п} + C_{м})$$

где $H_{пр}$ – норма прибыли, 32% от себестоимости

$$\Pi_{вост} = (4335 + 1016,6) \cdot 0,32 + (4335 + 1016,6) = 7063 \text{ р.}$$

Для расчета условно примем годовую производственную программу по восстановлению распределительных валов в количестве 247 шт. Данное количество принято исходя из среднего количества рабочих дней в году и условия восстановления одного распределительного вала в сутки на начальном этапе организации производства. Годовой выпуск продукции определяется по формуле:

$$V_{п} = \Pi_{вост} \cdot N,$$

$$V_{п} = 7063 \cdot 247 = 1774561 \text{ руб.}$$

Стоимость основных средств участка по восстановлению деталей автотракторных двигателей определяется по формуле:

$$C_{осн.ср} = C_{уч} + C_{оборуд},$$

где $C_{уч}$ – стоимость строения участка, руб.;

$C_{оборуд}$ – стоимость оборудования, руб.

Согласно данным Федеральной службы государственной статистики средняя стоимость строительства 1м² нежилого производственного помещения составляет 25000 руб. Предполагаемая планировка участка по восстановлению деталей автотракторных двигателей.

Площадь участка составляет 72 м². Стоимость возведения участка по восстановлению деталей автотракторных двигателей составит 1800000 руб.

Ориентировочная стоимость оборудования, применяемого на участке по восстановлению деталей автотракторных двигателей с учетом самостоятельного изготовления приспособления для шлифования распределительных валов автотракторных двигателей составляет 1050000 рублей.

$$C_{осн.ср} = 1800000 + 1050000 = 2850000 \text{ руб.}$$

Для обеспечения деятельности участка деталей автотракторных двигателей необходимо 5 высококвалифицированных производственных рабочих: 3 рабочих с разрядом не ниже 3, 1 рабочий с 4 разрядом и 1 рабочий с 5 разрядом.

Фондовооруженность определяется по формуле:

$$\Phi_{воор} = C_{осн.ср} / n,$$

$$\Phi_{воор} = 2850000 / 5 = 570000 \text{ руб.}$$

Производительность труда определяется по формуле:

$$\Pi_{т} = ВП / n,$$

$$\Pi_{т} = 1774561 / 5 = 354912 \text{ руб./чел.}$$

Фондоотдача определяется по формуле:

$$\Phi_{о} = ВП / C_{осн.ср}$$

$$\Phi_{о} = 1774561 / 2850000 = 0,62$$

Фондоемкость определяется по формуле:

$$\Phi_{ем} = 1 / \Phi_{о},$$

$$\Phi_e = 1/0,62 = 1,6 \text{ руб.}$$

Прибыль определяется по формуле:

$$\Pi = (\Pi_{\text{вост}} - C_{\text{п}}) \square N,$$

$$\Pi = (7063 - 4335) \square 247 = 673816 \text{ руб.}$$

Уровень рентабельности определяется по формуле:

$$R = (\Pi_{\text{вост}} - C_{\text{п}}) / C_{\text{п}}, 100\%,$$

$$R = (7063 - 4335) \square 4335 = 62\%$$

Годовой экономический эффект определяется по формуле:

$$\mathcal{E}_{\text{годэф}} = (\Pi_{\text{новой}} - (p \square C_{\text{п}} + C_{\text{нк}} + E_{\text{н}} \square C_{\text{уч}})) \square N,$$

где $\Pi_{\text{новой}}$ – цена новой детали, руб., средняя стоимость нового распределительного вала 50000 руб.; p – коэффициент восстановления ресурса, $p = 0,9$; $C_{\text{п}}$ – себестоимость восстановления детали, руб.; $E_{\text{н}}$ – нормативный коэффициент капитальных вложений;

$$\mathcal{E}_{\text{годэф}} = (50000 - (0,9 \square 4335) + 2600 + 0,15 \square 1800000) \square 247 = 78718529 \text{ руб.}$$

Годовая экономия определяется по формуле:

$$\mathcal{E}_{\text{год}} = (\Pi_{\text{новой}} - C_{\text{п}}) \square N,$$

$$\mathcal{E}_{\text{год}} = (50000 - 4335) \square 247 = 11279255 \text{ руб.}$$

Срок окупаемости определяется по формуле:

$$T = C_{\text{оснсп}} / \mathcal{E}_{\text{год}}$$

$$T = 2850000 / 11279255 = 0,25 \text{ г.}$$

Фондовооруженность – 570000 руб.

Производительность труда – 354912 руб./чел.

Прибыль – 673816 руб.

Уровень рентабельности – 62 %

Годовой экономический эффект – 78718529 руб.

Годовая экономия – 11279255 руб.

Срок окупаемости – 0,25 г.

Выводы

Проведенный технико-экономический анализ показал, что организация участка по восстановлению деталей автотракторных двигателей является прибыльным. Годовой экономический эффект от организации участка по восстановлению деталей автотракторных двигателей составляет 78718529 руб., срок окупаемости составляет 0,25 года.

Библиографический список

1. Максяков Д.А., Матяшин А.В. Анализ способов восстановления деталей сельскохозяйственных машин наплавкой слоя металла // В сборнике: Научное сопровождение технологий агропромышленного комплекса: теория, практика, инновации. Научные труды I-ой Международной научно-практической конференции. 2020. С. 251-254.
2. Цапкова М.С. Система контроля качества запасных частей и их вторичная реализация внутри предприятия // В сборнике: XII Международный молодежный форум «Образование. Наука. Производство». Материалы форума. Белгород, 2020. С. 1471-1474.
3. Середенко Б.Н. Износостойкость высокопрочного чугуна, применяемого в тракторостроении // Научные труды ин-т машиноведения и сельскохозяйственной механизации. Киев, 1958. Т. 4.
4. Гуляев А. П. Металловедение. М., 1966. 480 с.
5. Rabiner R., Gold B. Theory and Application of Digital Signal Processing. New York, Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, 1975.