



Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ»
(ФГБНУ ФНАЦ ВИМ)

ТЕХНИЧЕСКИЙ СЕРВИС МАШИН

№1 (134) 2019

РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СПЕЦИАЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ В РЕМОНТНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Владимир Петрович Иванов, доктор технических наук, профессор;

Татьяна Владимировна Вигерина, кандидат технических наук,

доцент, e-mail: ivprem@tut.by

Полоцкий государственный университет,

г. Новополоцк, Республика Беларусь

Реферат. Использование универсального оборудования при ремонте сельскохозяйственной техники не обеспечивает ее нормативное качество. Конкурентоспособность отремонтированных агрегатов будет обеспечена, когда значения их геометрических параметров и эксплуатационных свойств не будут уступать по точности соответствующим показателям продукции машиностроения. Нормативная точность параметров и свойств достигается применением дорогого специального оборудования, использование которого в ремонтном производстве должно быть установлено технико-экономическим исследованием. (Цель исследования) Обосновать область использования различных типов металлорежущих специальных станков в ремонтном производстве. (Материалы и методы) Сопоставили точность и производительность универсального и специального оборудования (на примере расточных и шлифовальных станков) с учетом затрат на ввод в эксплуатацию и использование этого оборудования при объемах ремонта 6,3; 10; 16 и 25 тысяч автотракторных двигателей в год. (Результаты и обсуждение) При всех объемах ремонта агрегатов применение специальных расточных станков ОС-2777 выглядит предпочтительнее по сравнению со станками 2Н78. Специальные станки 13А458 для обработки коренных опор блоков цилиндров эффективнее универсальных горизонтально-расточных станков 2М614, оснащенных специальными приспособлениями. Граница экономически обоснованного применения специального оборудования ХШ2-16 и ХШ2-01 для шлифования шеек коленчатых валов по сравнению с использованием универсальных станков 3В423 соответствует объемам восстановления деталей около 10 тысяч в год. Капиталовложения в специальное оборудование при таких объемах восстановления превышают в 1,16 раза соответствующий показатель универсального оборудования, но заработная плата при обработке одной заготовки на универсальном станке больше в 1,77 раза. (Выводы) Обоснован выбор технологического оборудования, которое в наибольшей степени влияет на себестоимость и качество ремонта агрегатов. Область эффективного применения специальных станков начинается со сравнительно небольших объемов производства 6,3-10 тыс. агрегатов в год.

Ключевые слова: технологическое оборудование, специальные станки, точность, производительность, эффективность.

Для цитирования: Иванов В.П., Вигерина Т.В. Рациональное использование специального оборудования в ремонтном производстве //Технический сервис машин. 2019. N.1. С.26-33.

SCOPE OF SPECIAL EQUIPMENT USE REPAIR INDUSTRY

*Vladimir P. Ivanov, Dr.Sc.(Eng.), professor;
Tatiana V. Viperina, Ph.D(Eng.), associate professor,
e-mail: ivprem@tut.by
Polotsk state University, Novopolotsk, Republic of Belarus*

Abstract. *The use of universal equipment in the repair of agricultural equipment does not ensure its standard quality. The competitiveness of the repaired units will be ensured in the case when the values of their geometrical parameters and performance properties will not be inferior in accuracy to the corresponding indicators of engineering products. The normative accuracy of parameters and properties is achieved by using expensive special equipment, the use of which in the repair industry must be established by technical and economic research. The purpose of the work was to justify the use of various types of special metal-cutting machines in the repair production. A comparison was made of the accuracy and productivity of universal and special equipment (for example, boring and grinding machines), taking into account the costs of commissioning and the use of this equipment with repair volumes of 6.3, 10, 16 and 25 thousand automotive engines per year. With all the volume of repair of units, the use of special boring machines OC-2777 looks preferable compared to the 2H78 machines. Also, special machines 13A458 for machining core bearings of cylinder blocks are more effective than universal horizontal boring machines 2M614, equipped with special devices. The border of economically justified use of special equipment XIII2-16 and XIII2-01 for grinding crankshaft necks compared to using universal machines 3B423 corresponds to the volume of parts recovery of about 10 thousand per year. Investments in special equipment with a recovery volume of 10 thousand parts per year exceed 1,16 times the corresponding figure of universal equipment, but the salary for processing a workpiece on a universal machine is 1,77 times more. The choice of technological equipment, which has the greatest effect on the cost and quality of repair of units, is substantiated. The area of effective use of special machines begins with a relatively small production volume of 6,3-10 thousand units per year.*

Keywords: *technological equipment, special machines, accuracy, productivity, efficiency.*

For citation: *Ivanov V.P., Viperina T.V. Rational use of special equipment in repair production. Technical service machines. 2019. N.1. P. 26-33. (In Russian).*

Введение. Технологическое оборудование, применяемое в ремонтном производстве, по широте выполняемых функций делится на универсальное, специализированное и специальное. Универсальное оборудование обладает широкими технологическими возможностями, но удовлетворительной точностью. Специализированное оборудование характеризуется увеличенной производительностью и точностью обработки однотипных заготовок, но более узкими технологическими возможностями. Специальное оборудование выполняет узкую технологическую функцию над ремонтируемыми (восстанавливаемыми) изделиями определенной модели и типоразмера, обладает наибольшей производительностью и обеспечивает наивысшую точность [1, 2]. Металлорежущие специальные станки изготавливают на станкостроительных заводах по заказу. Универсальное оборудование (чаще металлорежущее) во время заводской модернизации путем однократной установки сложных приспособлений переделывают в специальное. Приме-

няют также специальное оборудование (для разборки, сборки, очистки, нанесения восстановительных покрытий и контроля) в виде стандов или установок, спроектированное и изготовленное на отдельных заводах. Высокую точность специальных металлорежущих станков по размерам и параметрам формы деталей обеспечивают их жесткие тяжелые станины, точные шпиндельные узлы, приводы вращения заготовок с минимальным нагружением последних, механизмы контроля размера обработки, механизмы правки абразивных кругов и др. Повышенная их производительность обусловлена многоинструментальной обработкой, применением современных инструментальных материалов с высокими режимами резания и наличием загрузочных устройств. Однако специальные станки дорогие, поэтому их применение в масштабах завода или отрасли требует технико-экономического обоснования. Одна из первых работ, посвященных рассматриваемой проблеме, – Огородника И.А., в которой рассматривается эффективность использования специальных расточных станков 9А-676 и ОС-8207 [3, 4]. Актуальные проблемы применения технологического оборудования в промышленности приведены в работах [5-9]. Продукция ремонтного производства будет конкурентоспособной в том случае, когда значения ее геометрических параметров и эксплуатационных свойств не будут уступать по точности соответствующим показателям продукции машиностроения, что обуславливает актуальность применения специального оборудования.

Цель исследования – обосновать области использования различных типов металлорежущих специальных станков в ремонтном производстве.

Материалы и методы. Производилось сопоставление точности и производительности универсального и специального оборудования (расточного и шлифовального) с учетом затрат на ввод в эксплуатацию и использование этого оборудования при объемах ремонта 6,3, 10, 16 и 25 тыс. автотракторных двигателей в год. Общие затраты Z_{Σ} на работу оборудования, приведенные к одному году эксплуатации, включали капиталовложения в здания и оборудование K_{Γ} , заработную плату $3\Pi_{\Sigma}$ рабочих и текущие затраты $Z_{m.o.p.}$ на содержание оборудования в исправном состоянии проведением технического обслуживания и ремонта:

$$Z_{\Sigma} = K_{\Gamma} + 3\Pi_{\Sigma} + Z_{m.o.p.} \text{ руб.} \quad (1)$$

Капиталовложения, отнесенные к одному году эксплуатации, определяли по формуле:

$$K_{\Gamma} = \frac{F_{p.m} \cdot C_{кв.м}}{n_{\Sigma}} + \frac{K_{\Sigma}}{n_{\Sigma}} \text{ руб.}, \quad (2)$$

где $F_{p.m}$ – площадь здания, занятая рабочим местом, m^2 ; $C_{кв.м}$ – стоимость одного квадратного метра здания, руб./ m^2 ; K_{Σ} – капиталовложения (цена или затраты на изготовление) в оборудование, руб.; n_{Σ} и $n_{об}$ – срок службы здания (50 лет) и оборудования (10 лет), соответственно.

Ограничение по производительности оборудования выражается условием:

$$\frac{N n_{\Sigma} k_{\Sigma} t_{ш.-к}}{60} \leq n_{об} \Phi_{\Sigma}, \quad (3)$$

где N – объемы ремонта агрегатов, $год^{-1}$; n_{Σ} – число восстанавливаемых (ремонтируемых) изделий в агрегате; k_{Σ} – коэффициент восстановления деталей; $t_{ш.-к}$ – штучно-калькуляционное время, мин; $n_{об}$ – количество единиц оборудования; Φ_{Σ} – годовой действительный фонд времени работы оборудования

(при односменной работе оборудования $\Phi_{д.о}$ принимался равным 1600 ч/год).

Зарботная плата $ЗП$ на операцию определялась по формуле:

$$ЗП = c_{ч} \frac{t_{ш.-к}}{60} \left(1 + \frac{k_{доп}}{100} \right), \text{ руб.}, \quad (4)$$

где $c_{ч}$ – часовая тарифная ставка рабочего в соответствии с его квалификацией, руб./ч; $k_{доп}$ – коэффициент, учитывающий дополнительную заработную плату. Текущие затраты на техническое обслуживание и ремонт оборудования $З_{т.о.р}$, отнесенные к одной операции, равны:

$$З_{т.о.р} = t_{ш.-к} (З_{мКм} + З_{эКэ}), \text{ руб.}, \quad (5)$$

где $З_{м}$ и $З_{э}$ – часовые затраты на техническое обслуживание и текущий ремонт механической и электрической частей оборудования, руб./ч; $К_{м}$ и $К_{э}$ – категории ремонтосложности механической и электрической частей оборудования. Годовая заработная плата и годовые текущие затраты на содержание оборудования в исправном состоянии определялись произведением соответствующих показателей, отнесенных к одной операции, на годовой объем выпуска продукции.

Результаты и обсуждения. Показатели использования различного металлорежущего оборудования приведены в таблице 1.

Таблица 1

Показатели использования металлорежущего оборудования

Станки	Показатели					
	Цена станка тыс. бел. руб.	Время обработки комплекта изделий, мин	Производительность обработки комплектов изделий в смену	Зарплата на обработку комплекта изделий, бел. руб.	Остальные текущие затраты на обработку комплекта изделий, бел. руб.	Общие текущие затраты на обработку комплекта изделий, бел. руб.
2Н78	16,4	47,2	10	3,14	1,05	4,19
ОС-2777	199,4	3	153	0,33	0,27	0,60
2М614	115,5	5,1	86	0,58	0,41	0,99
13А458	134,4	4,8	92	0,54	0,35	0,89
ЗВ423	416,5	15+20 = 35	13	3,85	2,40	6,25
ХШ2-16	612,0	8	55	0,91	0,51	1,42
ХШ2-01	663,0	12	37	1,35	0,72	2,07

Необходимое количество станков для выполнения производственной программы при различных объемах производства с обеспечением условия (3) приведено в таблице 2.

Таблица 2

Необходимое количество станков для выполнения производственной программы при односменной работе

Объемы ремонта, тыс. в год	Станки						
	вертикально-расточные		горизонтально-расточные		кругло-шлифовальные		
	2Н78	ОС-2777	2М614	13А458	ЗВ423	ХШ2-16	ХШ2-01
6,3	4	1	1	1	2	1	1
10	4	1	1	1	4	1	2
16	6	1	1	1	6	2	2
25	10	1	2	2	8	2	3

Область рационального применения станков различных видов при разных объемах производства определяется соотношением капиталовложений,

приведенных к году эксплуатации, и текущими затратами на годовой объем работ. Значительные капиталовложения имеют место один раз в течение срока службы станка, а текущие затраты сопровождают каждую технологическую операцию. Меньшее машинное время обработки заготовок на специальном станке (в ряде случаев в несколько раз, по сравнению с обработкой на универсальном станке) обуславливает большую производительность труда, меньшую заработную плату и меньшие затраты на содержание оборудования в исправном состоянии.

Большой объем растачивания заготовок при ремонте агрегатов определен соответствующим количеством внутренних цилиндрических поверхностей. Доля таких поверхностей большая, например, для двигателей внутреннего сгорания она составляет 0,297 [10]. Точность обработки элементов высокая. В частности, для отверстий коренных опор блока цилиндров суммарный допуск круглости и профиля продольного сечения не должен превышать 0,007 мм, допуск параллельности осей отверстий под коленчатый и распределительный валы 0,15 мм на длине 1200 мм, а допуск соосности отверстий коренных опор под распределительный вал – 0,015 мм. Шероховатость поверхностей коренных опор не должна превышать Ra 0,63.

Станкозаводы производят станки для одновременного растачивания коренных опор, отверстий во втулках распределительного вала и отверстия под стартер в блоке цилиндров (11А848 и 13А458), для растачивания гильз цилиндров (ОС-2777), для растачивания отверстия во втулке, запрессованной в отверстие поршневой головки шатуна (КК-1454) и др. Специальные расточные станки изготавливают также заводы Министерства сельского хозяйства и продовольствия (ОР-14556, ОР-14560, ОР-14572, ОР-14573 и другие – для одновременного растачивания коренных опор блоков цилиндров и втулок распределительного вала различных двигателей). Станки типа ОР, обладая малой массой и жесткостью, не способны обеспечить нормативную точность обработки отверстий, поэтому в настоящей работе не рассматривались. Применительно к обработке гильз цилиндров двигателей проводилось сопоставление вертикально-расточных станков: универсальных 2Н78 и специального четырехшпиндельного ОС-2777. Станок ОС-2777 одновременно обрабатывает 4 изделия со скоростью резания, превышающей в два раза скорость резания на станке 2Н78. Благодаря большой жесткости станка и резцам, изготовленным из сверхтвердых материалов, параметры обработанной детали соответствует нормативам, в том числе по цилиндричности отверстия, составляющей не только долю допуска на размер, но и долю допуска размерной группы. С объемами до 25 тыс. ремонтов в год справляется один станок ОС-2777, в то время как для обеспечения принятых объемов выпуска продукции необходимо иметь от 4 до 10 станков 2Н78. Разряд работы на станках – третий.

Результаты технико-экономических расчетов сведены в таблицу 3. При всех объемах ремонта применение станка ОС-2777 выглядит предпочтительнее. Годовая экономия средств от его использования при росте объемов ремонта агрегатов с 6,3 до 25 тыс. в год изменяется от 50,2 до 287,5 тыс. руб. При изменении вида обрабатываемых ремонтных заготовок станок может быть легко перепрофилирован под другие работы путем замены установочного приспособления.

Результаты обоснования выбора расточных и шлифовальных станков

Показатели	Объемы ремонта, тыс. в год	Станки						
		вертикально- расточные		горизонтально- расточные		кругло-шлифовальные		
		2Н78	ОС- 2777	2М614	13А458	ЗВ423	ХШ2-16	ХШ2-01
Капиталовложе- ния, приведен- ные к одному году, тыс. руб.	6,3	6,6	19,9	11,5	13,4	83,2	61,2	66,3
	10	6,6	19,9	11,5	13,4	166,4	61,2	132,6
	16	9,8	19,9	11,5	13,4	249,6	122,4	132,6
	25	16,4	19,9	23,0	26,8	332,8	122,4	198,9
Текущие затра- ты на обработку комплекта изде- лий, тыс. руб.	6,3	90,1	13,4	9,8	7,5	15,5	9,4	
	10	137,0	21,2	13,6	10,2	30,1	14,1	
	16	223,2	34,0	18,3	13,8	44,2	21,3	
	25	337,5	53,0	24,3	19,7	58,7	28,2	
Сумма капита- ловложений и текущих затрат, тыс. руб.	6,3	96,7	46,5	21,3	20,9	98,7	136,9	
	10	143,6	50,4	29,8	23,6	196,5	207,9	
	16	233,0	56,8	35,8	27,2	293,8	276,3	
	25	353,9	66,4	47,3	46,5	391,5	349,5	

Представляет интерес выбор оборудования из горизонтально-расточных станков: универсального 2М614, оснащенного специальным приспособлением, и специального 13А458 для обработки длинных прерывистых отверстий – коренных опор блока цилиндров. Достаточно иметь по одному из этих станков для объемов ремонта 16 тыс. агрегатов в год при односменной работе либо при повышении этих объемов, но при двухсменной работе. Разряд работы на станках – четвертый.

При всех рассмотренных объемах ремонта более эффективно применение специального оборудования. Относительная разница капиталовложений и общих текущих затрат, отнесенных к работе оборудования обоих видов, при увеличении объемов ремонта агрегатов уменьшается. При недогрузке универсального станка работами указанного вида, оно может быть использовано для выполнения других работ после замены приспособления. Специальный станок этого не допускает, он не будет востребован, хотя точность обработки заготовок на нем более высокая.

Доля наружных цилиндрических поверхностей, подвергаемых шлифованию, составляет 0,14-0,25 [10]. Наиболее представительной является обработка шеек коленчатых валов. Производился выбор станков для шлифования шеек коленчатых валов двигателей с рабочим объемом 4,25 л. Сравнивались специализированные станки ЗВ423 для шлифования коренных и шатунных шеек автотракторных двигателей со специальными станками ХШ2-16 (ЛТ-80) для шлифования коренных шеек и ХШ2-01 для шлифования шатунных шеек. Обрабатывают заготовки шлифовщики четвертого разряда. Обработка на специальных шлифовальных станках обеспечивает повышение производительности труда в 1,75 раза при достижении нормативных значений размеров шеек и их нецилиндричности до 5 мкм.

Объемы восстановления 6,3 тыс. коленчатых валов в год требуют двух станков ЗВ423 или одного станка ХШ2-16 и одного станка ХШ2-01. Для объемов восстановления 25 тыс. коленчатых валов в год необходимы 8 станков ЗВ423 или 2 станка ХШ2-16 и 3 станка ХШ2-01. Граница экономически обоснованного применения специального оборудования соответствует объемам восстановления деталей около 10 тыс. в год. При объемах восстановления деталей 16 тыс. в год разница затрат составляет 17,5 тыс. бел. руб. в пользу применения специальных станков ХШ2-16 (ЛТ-80) и ХШ2-01, а при

достижении объемов восстановления деталей 25 тыс. в год эта разница составляет 42,0 тыс. руб. за счет уменьшения удельных капиталовложений, отнесенных к единице продукции. Заработная плата при обработке одной заготовки на универсальном станке (ЗВ423) больше соответствующего показателя при обработке на специальном оборудовании в 1,77 раза при любых объемах выпуска. Капиталовложения в специальное оборудование при объемах восстановления 10 тыс. деталей в год в 1,16 раза превышают соответствующий показатель универсального оборудования. При объемах восстановления 25 тыс. деталей в год это соотношение достигает значения 0,97.

Выводы. Обоснован выбор технологического оборудования, которое в наибольшей степени влияет на себестоимость и качество ремонта агрегатов. Использование специальных четырехшпиндельных станков ОС-2777 при обработке гильз цилиндров более эффективно по сравнению с универсальными станками 2Н78 при всех рассмотренных объемах ремонта двигателей. Годовая экономия финансовых средств от использования этих станков при росте объемов ремонта агрегатов с 6,3 до 25 тыс. в год изменяется от 50,2 до 287,5 тыс. бел. руб. Обработка длинных прерывистых отверстий (коренных опор блока цилиндров) более эффективна на специальном оборудовании. Рациональная область применения специальных шлифовальных станков для обработки шеек коленчатых валов начинается с объемов восстановления деталей более 10 тыс. в год. Область эффективного применения специальных станков начинается с объемов производства 6,3-10 тыс. агрегатов в год.

Библиографический список

1. Дьячков В.Б., Кабатов Н.Ф., Носинов М.У. *Специальные металлорежущие станки общемашиностроительного применения: справочник.* М.: Машиностроение. 1983. 288 с.
2. Санинский В.А. *Металлорежущие станки для обработки глубоких прерывистых отверстий в блок-картерах // Двигателестроение.* 1987. №9. С. 39-41.
3. Огородник И.А. *Использование специальных станков при восстановлении корпусных деталей // Техника в сельском хозяйстве.* 1985. №12. С. 41-44.
4. Сулов В.П., Огородник И.А. *Восстановление блоков цилиндров на поточно-механизированной линии // Техника в сельском хозяйстве* 1986. №11. С. 50-53.
5. Завистовский С.Э. *Металлорежущие станки.* Мн.: РИПО. 2015. 440 с.
6. Базров Б.М., Насиров Э.З. *Повышение эффективности станков на основе модульной технологии // Вестник машиностроения.* 2007. №2. С. 58-61.
7. Сибикин М.Ю. *Современное металлообрабатывающее оборудование: справочник.* М.: Машиностроение. 2013. 308 с.
8. Голембиевский А.И. *Системология способов формообразующей обработки в машиностроении.* Новополоцк: РИО ПГУ. 2017. 235 с.
9. Бурдо Г.Б. *Повышение эффективности технической подготовки производства в многономенклатурном машиностроении // Вестник машиностроения.* 2018. №8. С. 72-76.
10. Коробко В.И., Иванов В.П., Семенов В.И. *Технологическое оснащение ремонтного производства.* Мн.: Універсітэцае. 1994. 140 с.

References

1. Dyachkov V.B., Kabatov N.F., Nosinov M.U. *Special machine tools for general engineering applications: a reference book.* Moscow: Mashinostroenie. 1983. 288.

2. Saninsky V.A. *Metal-cutting machines for processing deep interrupted holes in the crankcase. Dvigatelistroyeniye. 1987. N9. 39-41.*
3. Ogorodnik I.A. *The use of special machines for the restoration of body parts. Technique in agriculture. 1985. N12. 41-44.*
4. Suslov V.P., Ogorodnik I.A. *Restoration of cylinder blocks on a flow-mechanized line. Technique in agriculture. 1986. N11. 50-53.*
5. Zavistovsky S.E. *Metal-cutting machines. Minsk: RIPO. 2015. 440.*
6. Bazrov B.M., Nasirov E.Z. *Improving the efficiency of machine tools based on modular technology. Bulletin of mechanical engineering. 2007. N2. 58-61.*
7. Sibikin M.Y. *Modern metalworking equipment: a handbook. Moscow: Mashinostroenie. 2013. 308.*
8. Golembievsky A.I. *Systemology of methods of formative processing in mechanical engineering. Novopolotsk: RIO PSU. 2017. 235.*
9. Burdo G.B. *Improving the efficiency of technical preparation of production in multi-machine engineering. Bulletin of mechanical engineering. 2018. N8. 72-76.*
10. Korobko V.I., Ivanov V.P., Semenov V.I. *Technological equipment repair production. Minsk: Universititskay. 1994. 140.*