



МЕХАНИЗАЦИЯ И ЭНЕРГЕТИКА

В.П.Иванов, доктор технических наук

ОАО Полоцкий завод "Проммашремонт"

УДК 631.3.004.67

Ресурсосбережение в ремонтном производстве

Приведен методический подход к сокращению потребления производственных ресурсов ремонтным производством: запасных частей и материалов, тепловой и электрической энергии. Наиболее актуальны мероприятия, направленные на полное использование остаточной долговечности деталей ремонтного фонда. При нормировании и учете тепловой и электрической энергии определяют технически необходимое ее количество на переработку продукции, выделяют и анализируют долю, связанную с несовершенством процессов, оборудования и организации. Обоснованы мероприятия, обеспечивающие сокращение материалов и запасных частей до 15%, а энергии — до 20%.

Наибольшая часть себестоимости ремонта техники в настоящее время приходится на запасные части (22-29%), полуфабрикаты и материалы (15-17%), в то время как доля затрат на тепловую и электрическую энергию составляет 12-15%, а на заработную плату — 6-10%. Соотношение составляющих себестоимости ремонта машин с течением времени непрерывно изменяется. Увеличилась ее доля, связанная с приобретением запасных частей и материалов, и сократилась доля заработной платы. Каждая составляющая себестоимости связана с расходом соответствующих видов производственных ресурсов, к которым относят денежные средства, материалы, полуфабрикаты, энергию и трудозатраты. Производственные ресурсы необходимы для жизнедеятельности предприятия и вложений в выпускаемую продукцию. На ремонт, например, одного автомобильного двигателя расходуют 60-140 кВт·ч электроэнергии, 420-2000 МДж теплоты, 25-100 чел·ч трудозатрат и 10-40 млн. руб. на запасные части и материалы.

Цель работы заключалась в анализе расхода производственных ресурсов ремонтным предприятием, разработке и реализации мероприятий, направленных на сокращение потребления этих ресурсов.

Наиболее актуальны мероприятия технологической подготовки ремонтного производства, связанные с полным использованием его специфического ресурса — остаточной долговечности деталей ремонтного фонда. Это существенно уменьшает потребление дефицитных запасных частей, поставляемых, главным образом, из-за рубежа, и частично решает проблему импортозамещения. Основные направления деятельности на этом пути следующие: углубленное опреде-

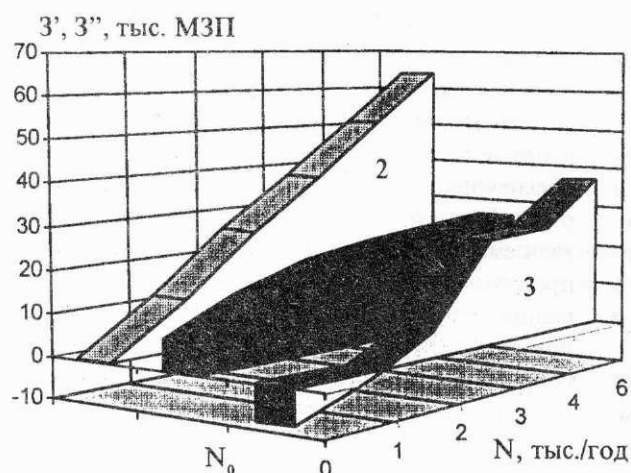
It has been given the methodical approach to reducing of consumption of industrial resources such as spare parts, materials, thermal and electrical energy by repair manufacture. The measures directed on the complete use of residual durability of the repair fund's details are the most urgent. Under stock-taking and rate setting of the thermal and electric energy it has been determined the technique necessary quantity of energy for production processing with analyzing of its lost part owing to an imperfection of processing, equipment, organization. It has been grounded the measures which allow to reduce the spare parts and materials up to 20% and 15% relatively.

ление технического состояния деталей ремонтного фонда и нахождение деталей, значения параметров которых находятся в допусках Руководств по капитальному ремонту машин; освоение новых технологий восстановления деталей, которые согласно действующим нормативам подлежат замене на новые; внедрение элементов необезличенного ремонта с назначением объема ремонтно-восстановительных работ в зависимости от фактического технического состояния ремонтируемого объекта.

Оснащение постов определения технического состояния деталей, в том числе тех, которые ранее подлежали замене на новые, необходимыми средствами и организация дополнительных слесарных работ обеспечивают выявление множества деталей с размерами, формой поверхностей и их взаимным расположением, удовлетворяющими требованиям к товарной продукции, что в конечном итоге приводит к сокращению потребления финансовых ресурсов. Объективное определение повреждений деталей обеспечивает сокращение трудоемкости их восстановления. Установлено, например, что доля годных деталей составляет: поршней — 14-18%, поршневых пальцев — 14-20, шатунных вкладышей коленчатого вала — 15-30, втулок распределительного вала — 17-22, накладок ведомых дисков сцепления — 25-30%. Наличие множества деталей с допустимыми износами объясняется меньшей наработкой отремонтированных агрегатов по сравнению с новыми, неравноизносостойкостью поверхностей деталей, разными условиями эксплуатации и присутствием деталей, установленных на агрегат перед сдачей его в капитальный ремонт. Технико-экономическая оценка целесообразности указан-

ных работ (рис. 1) выражена в минимальных заработных платах (МЗП). Она учитывает затраты (кривая 1) на создание рабочих мест по определению повреждений деталей и организацию соответствующих работ. Значение кривой 1 при $N=0$ соответствует затратам на создание диагностических средств. Данные сопоставляются с затратами (кривая 2) на приобретение запасных частей в количестве, равном числу годных деталей, обнаруженных в ремонтном фонде. Кривая 2 носит линейный характер в функции годового объема выпуска. Начиная с некоторого объема ремонта N_0 , затраты 3 на организацию определения технического состояния деталей ремонтного фонда становятся меньше затрат 3'' на приобретение деталей взамен выбранных. Названные работы экономически выгодны, начиная с небольших объемов ремонта $N_0=1-1,6$ тыс. двигателей в год. При объемах ремонта 6,3 тыс. двигателей в год экономический эффект от реализации мероприятия обеспечивает уменьшение себестоимости ремонта двигателей на 15-20%.

Техническое состояние некоторых сборочных единиц определяют без их разборки по критерию расхода или давления масла. Увеличенные зазоры между осью и втулками коромысел определяют на стенде. Масло во внутреннюю полость оси подается насосом под давлением 0,06-0,08 МПа. При допустимых износах в сопряжениях (22,4% случаев) масло вытекает из под каждой втулки коромысла каплями или прерывистой струйкой. Большой расход масла указывает на предельные зазоры в сопряжении. Показателем послеремонтного ресурса масляного насоса является давление масла, развиваемое при работе насоса. Работоспособным после ремонта признается тот насос, который при двух заранее установленных значениях час-



- Экономический эффект Э
- Затраты 3' на диагностирование деталей
- Затраты 3'' на приобретение запасных частей

Рис. 1. Зависимость затрат 3' на диагностирование деталей (кривая 1), затрат 3'' на приобретение запасных частей (кривая 2) и экономического эффекта $\mathcal{E}=3''-3'$ (кривая 3) от годового объема ремонта N двигателей ЗМЗ-53

тоты вращения вала развивает нормативное давление смеси из 90% керосина и 10% масла. Смесь вытекает из отверстия диаметром 1,5 и длиной 5 мм. Если насос в процессе определения его технического состояния на каждой частоте вращения вала развивает давление не менее верхнего предельного значения, установленно-го Руководством по капитальному ремонту машины, то он обладает ресурсом до следующего ремонта (13,3% случаев). В таком насосе лишь проверяют и регулируют редукционный клапан.

Коэффициент замены деталей при ремонте равен единице для сталеасбестовых прокладок, которые могут быть повторно использованы после нанесения с помощью станда [1] на рабочие поверхности антиадгезионного покрытия состава (% массы): моторное масло — 44, графит — 29, каолин — 25 и клей ПВА — 2. Нанесение покрытия сокращает расход прокладок при контрольных разборках агрегатов, устранении дефектов и при текущих ремонтах.

Повышение качества ремонта техники приводит к уменьшению числа дефектов, выявленных во время послеремонтных испытаний и в течение гарантийного срока ее эксплуатации, что сокращает расход запасных частей.

Перечень материалов, применяемых при ремонте двигателей, состоит из 250-300 наименований. В этот перечень входят металлопрокат круглого и шестигранного сечения, листовой прокат, лабомиды и едкий натр для очистки, порошки для напыления, наплавочные проволоки и шнуры, хромовый ангидрид и кислота серная для хромирования, кислота соляная для пайки и железнения, бензин и масло для обкатки, технологические газы, СОЖ, пасты, смазки, пластмассы, клеи, прокладочные, лакокрасочные и антикоррозионные материалы и др.

Исследования по уменьшению расхода средств на материалы направлены на обоснование замены материалов на более дешевые, сокращение времени протекания технологических (очистных, приработочных и др.) процессов и повторное использование восстановленных, регенерированных и фильтрованных материалов.

По нормативам подлежат замене при ремонте все поршни и вкладыши коленчатого вала, 9% блоков и 10% головок цилиндров. Разработаны и впервые внедрены технологии восстановления массовых деталей (поршней и вкладышей коленчатого вала) [2] и получило развитие восстановление сложных корпусных деталей (блоков и головок цилиндров с трудоемкими повреждениями (обломами стыков, трещинами в нагруженных элементах и др.). С развитием восстановительных технологий ограничения Руководств по ремонту техники в части обязательной замены ряда деталей должны быть пересмотрены. Однако следует отметить, что освоение указанных технологий приводит к увеличению затрат живого труда на 12-20 чел-ч.

Действующая концепция восстановления деталей предполагает, как правило, бинарный принцип определения каждого повреждения (есть оно или его нет) и однозначность технологии его устранения. При этом глубоко не учитывают состояние восстанавливаемых

элементов, а технология построена на устранении повреждения с наибольшим значением его характеристики, что сопряжено с повышенным расходом труда и производственных ресурсов. Дифференцированное назначение совокупности технологических воздействий по устранению повреждений с учетом характеристик этих повреждений даже при многовариантной восстановительной технологии обеспечивает уменьшение потребления производственных ресурсов.

В течение срока службы базовой детали двигателя — блока цилиндров — его коренные опоры могут быть восстановлены три раза. Базовый вариант технологии предусматривает при каждом восстановлении нанесение покрытия как на поверхности коренных опор в блоке цилиндров, так и на поверхности крышек и растачивание опор. При этом перед первым нанесением покрытия на поверхность крышки, выполненной из высокопрочного чугуна ВЧ 50-2, предусмотрено ее предварительное растачивание, исключающее контакт расточного резца с твердым материалом, отбеленным при наплавке. Предлагаемый вариант основан на использовании при первых двух восстановлениях коренных опор в качестве припуска поверхностного слоя металла за счет механической обработки стыков крышек. Поверхность стыков обрабатывают с целью уменьшения на 0,2-0,8 мм диаметрального размера отверстия в направлении, перпендикулярном стыкам. Припуск 0,2-0,3 мм снимают хонингованием, а припуски больших значений — растачиванием. При обработке ось коренных опор смещают в «тело» блока цилиндров на 0,3 мм, а восстановленные таким образом блоки цилиндров комплектуют при сборке укороченными шатунами. Истощение возможности механической обработки стыков требует нанесения покрытия только при третьем восстановлении. Результаты сравнения приведенных технологий восстановления коренных опор блока цилиндров по критерию технологической себестоимости воздействий приведены на рисунке 2. При первом восстановлении

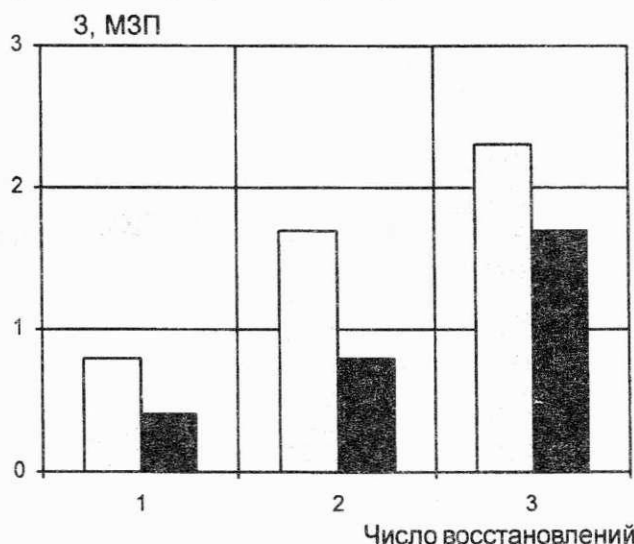


Рис. 2. Зависимость затрат Z на восстановление коренных опор блока цилиндров двигателя ЗМЗ-53 без учета (1) и с учетом (2) числа восстановлений детали

коренных опор затраты отличаются в 1,71 раза в пользу предлагаемого варианта восстановления, при втором — в 1,05 раза. При третьем восстановлении это соотношение — 1,18 в пользу базового варианта. Однако суммарные затраты по предлагаемому варианту в 1,37 раза меньше, чем по базовому. Аналогичные результаты имеют место и при восстановлении других деталей. Таким образом, при первых восстановлениях деталей необходимо наиболее полно использовать поверхностные слои изношенных элементов деталей, а лишь затем применять способы нанесения покрытий.

В ряде случаев для полного использования остаточной долговечности деталей при ремонте машин целесообразно введение ремонтных размеров с минимальным ремонтным интервалом на те элементы деталей, на которые ремонтные размеры не предусмотрены. Полному использованию ремонтных размеров способствует правка длинных деталей (коленчатых и распределительных валов, осей коромысел и др.), применение адаптивных схем базирования и повышение точности обработки.

Актуально назначение цены не за абстрактный ремонт, а за фактический его объем путем внедрения организации необезличенного ремонта с сохранением принадлежности деталей к конкретному изделию [3]. Необезличенный ремонт стимулирует сохранение остаточной долговечности деталей и агрегатов не только в эксплуатации, но и в ремонте.

Расходы на энергию составляют до 60% общепроизводственных затрат. Капитальные затраты на мероприятия по экономии энергоресурсов в 3-4 раза меньше по сравнению с затратами, необходимыми для выработки сбереженного количества энергии. Организация производства предполагает применение приборов учета энергии, отпущенной на цеховые участки и энергоемкое оборудование. Обязательным элементом организации производства является нормирование расхода энергии на отдельные виды выпускаемой продукции. Нормы расхода энергии состоят из двух частей — основной и дополнительной. Основная часть нормы включает необходимое количество энергии, которое должно быть затрачено на обрабатываемый объект с учетом объективных законов движения материи и преобразования энергии. Дополнительная часть учитывает несовершенство процессов, оборудования и организации, прямые потери энергии. На предприятии создают комиссии и творческие коллективы, деятельность которых направляют на подробный анализ расходной части баланса потребленной энергии, минимизацию второй составляющей норм расхода энергоресурсов и обоснование соответствующих мер технологического и организационного характера. Экономический эффект от внедрения ресурсосберегающих мероприятий включает прямые и косвенные (исключение штрафов и налогов) составляющие.

Расширение множества видов применяемой энергии связано с внедрением оборудования и процессов, преобразующих энергию движения материи на

более глубинных ее уровнях. Так, механическая энергия связана с движением макротел, тепловая и химическая — с движением молекул, электрическая — с движением ионов и электронов и т.д. Новые разработки, определяющие размеры машин, их КПД, экономичность и технический уровень, используют более глубокие уровни превращения энергии. Например, получение потенциальной энергии давления сжатого воздуха связано с низким КПД и большой мощностью компрессоров и потребителей сжатого воздуха. Целесообразно пневмомеханические приводы заменить электромеханическими приводами, питающимися током повышенной частоты (200 Гц). Электронно-лучевая и лазерная обработка материалов обеспечивает наибольшую плотность энергии в единице площади ($10^2 - 10^6$ кВт/см²), в то время как газовое пламя — только 3 кВт/см² с более низким КПД.

Баланс расхода электроэнергии на производственные нужды определяется сложением расходов энергии отдельными приемниками. Около половины общего расхода электрической энергии (рис. 3) приходится на терморadiационный и индукционный нагрев металла при его термической обработке и плавнении и на механическую обработку изделий. Более 20% электроэнергии расходуют на процессы нанесения покрытий. Около 8% электроэнергии тратится на приработку сопряжений. Подготовка процессов нагрева металла направлена на совершенствование шахтных и камерных печей и упорядочение графиков их работы, замену неэффективных машинных высокочастотных генераторов тиристорными преобразователями частоты тока. Режимы работы мощных металлургических и термических агрегатов должны



Рис. 3. Распределение расхода электрической энергии на основные технологические процессы ремонта

обеспечить их длительную непрерывную работу, исключая разогрев и пуск оборудования после простоев. Существенный эффект дает оптимизация режимов нанесения покрытий. Обкаточно-тормозные стенды бесцельно диссипируют энергию в нагрузочных реостатах, которая может быть использована для нагрева технологических сред. До 5% экономии электрической энергии достигается отключением в выходные дни заводских трансформаторов для исключения их холостого хода и автоматизацией включения конденсаторных батарей для компенсации реактивной мощности.

Баланс расхода тепловой энергии учитывает отопление и горячее водоснабжение административных и производственных зданий, расход тепла на технологические нужды (нагрев сред и материалов, сушку и др.) и тепловые потери в сетях. Около 70% тепловой энергии на технологические нужды ремонтного завода приходится на очистку сборочных единиц и деталей от эксплуатационных и технологических загрязнений (рис. 4). Факт объясняется тем, что ранее не уделялось достаточного внимания расходу дешевых нефтеотходов, которые использовались в качестве топлива. Второе место занимает доля тепловой энергии на нагрев электролита в гальванических ваннах (11%) и третье место — энергия на расконсервацию запасных частей и консервацию товарных деталей и сборочных единиц.

Уменьшению расхода тепловой энергии на технологические нужды способствует использование очистных сред, гальванических растворов и консервационных смазок, работающих при комнатных температурах. На заводе действуют две группы процессов — с

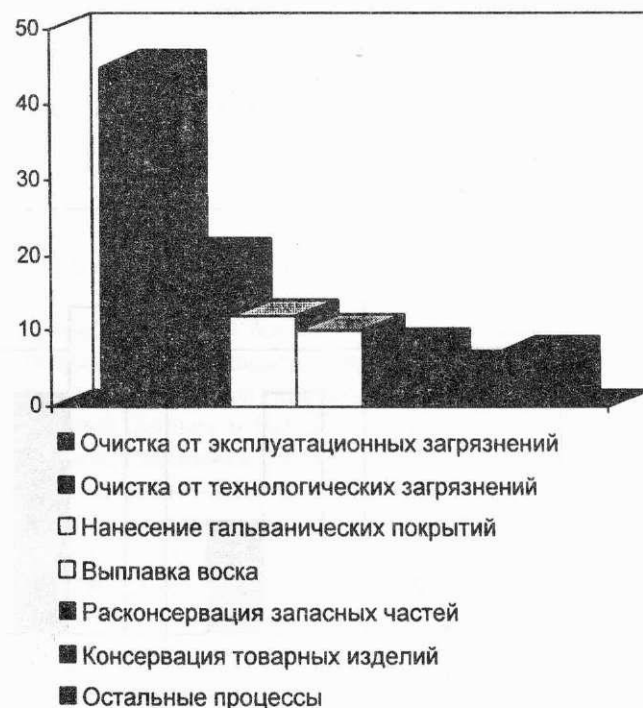


Рис. 4. Распределение расхода тепловой энергии на основные технологические процессы ремонта

поглощением и выделением тепла технологическими средами. Между этими группами процессов необходимо организовать взаимодействие. Градири, например, могут выполнять роль полезных теплообменников, передающих тепло технологическим средам. Аналогичные функции могут выполнять стенды для испытаний тепловых устройств. Весьма актуальны мероприятия, направленные на уменьшение энергозатрат на очистные процессы путем замены струйных способов очистки на погружные и совершенствование последних.

Установка индивидуальных котлов малой мощности, достаточной для обеспечения теплом отдельных производственных корпусов, позволяет экономить около 200-300 Гкал тепла, так как отпадает необходимость содержания в горячем резерве заводской котельной и ежедневном пуске котлов [4]. Исполь-

зование тепла конденсата и изоляции теплотрасс сокращают потери теплоэнергии в два раза.

Внедрение предлагаемых мероприятий сокращает потребление материалов и запасных частей до 15%, а топливно-энергетических ресурсов — до 20%.

Литература

1. Иванов В.П. Стенд для нанесения противадгезионного покрытия // *Машиностроитель*. -1994.- №10.- С. 6.
2. Семенов В.И., Иванов В.П. Ремонтное производство: организация и экологическая безопасность // *Тяжелое машиностроение*. -1999.- №2.- С. 39-40.
3. Иванов В.П. Организация необезличенного ремонта машин // *Весті академії аграрних наук Республікі Беларусь*. -1999.-№1.- С. 89-91.
4. Семенов В.И., Иванов В.П., Корсак Н.В. Устройства автономного теплообеспечения // *Агропанорама*. -1998.- №6.- С. 29-30.