

В. И. СЕМЕНОВ, канд. техн. наук, генеральный директор;  
В. П. ИВАНОВ, д-р техн. наук, технический директор  
(ОАО "Полоцкий завод "Проммашремонт", Республика Беларусь)

## Ремонтное производство: организация и экологическая безопасность

**В** последнее время приобретение техники хозяйствами и предприятиями Республики Беларусь составляет 30 % норматива, а обеспеченность ее соответствует уровню 70-х годов. Свыше половины технических средств эксплуатируются за пределами амортизационных сроков службы. Ограниченные государственные запасы энергии и материалов затрудняют расширение машиностроения, поэтому для сохранения парка машин требуется развитие ремонтного производства.

Организационная подготовка ремонтного производства направлена на совершенствование процессов, связанных с наибольшим расходом ресурсов. Это относится, во-первых, к процессам очистки деталей от эксплуатационных загрязнений, потребляющим до 80 % тепловой энергии на технологические нужды, во-вторых, к созданию ремонтных заготовок и полному использованию остаточной долговечности исходных заготовок, так как более половины себестоимости ремонта составляют затраты на материалы и запасные части, в-третьих, к созданию ремонтно-технологического оборудования и оснастки, трудоемкость изготовления которых соответствует более чем полукратному объему трудоемкости основного производства и превышает возможности собственного вспомогательного производства.

При технологической подготовке очистного участка решают следующие основные задачи: выбор оборудования — струйного или погружного типа — для общей очистки; разработка средств для отделения прочных загрязнений; создание оборудования для регенерации очистных растворов.

При выборе машин струйного или погружного типа необходимо учитывать следующее. Струйные машины легче приспособляются к конвейерной очистке, нематалоёмкие, имеют меньшую мощность механического привода, однако требуют большего расхода тепловой энергии на нагрев раствора (общая поверхность образующихся капель составляет 10...15 тыс. м<sup>2</sup> на 1 л раствора). У этих машин большое количество тепла уносится вентиляцией, а применяемые растворы не предназначены для отделения прочных загрязнений. Высокая кратность перескачки очистного раствора (до 20 раз в час) приводит к образованию стабильных эмульсий частиц загрязнений в растворе, в результате чего растворы быстро загрязняются, при этом большая доля поверхности-активных веществ адсорбируется на отделившихся частицах загрязнения и в процессе дальнейшей очистки не участвует.

Такие эмульсии практически не поддаются расслоению, а их слив в канализацию наносит большой ущерб природе. Максимальная физико-химическая активность раствора технических моющих средств начинает проявляться не с начала контакта раствора с загрязнением, а через 0,1...0,2 ч — время, необходимое для адсорбции молекул поверхностно-активных веществ на частицах загрязнений, следовательно, энергия на механическое воздействие на загрязнение в начальный период очистки расходуется неэффективно. Качественной очистке подвергаются только поверхности, имеющие непосредственный контакт со струями, а поверхности, находящиеся в "тени", не очищаются.

Погружные машины лишены ряда приведенных недостатков, однако требуют больших трудозатрат на загрузку и выгрузку очищаемых изделий.

Большое снижение расхода энергии независимо от выбранного способа очистки обеспечивает предварительная выдержка деталей в растворах технических моющих средств. Например, асфальтосмолистые отложения начинают разрыхляться в растворе при выдержке 15...20 мин. За 8 ч пребывания поршней с нагаром в растворе "Лабомид-203" отделяется 60...80 % массы загрязнений. Сопоставление затрат на создание и эксплуатацию струйных и погружных машин показывает целесообразность применения погружного оборудования.

Наибольшие технологические трудности связаны с очисткой деталей от прочных загрязнений (нагара и накипи), которые имеют наибольшую адгезию к металлам. В ремонтном производстве применяются следующие способы очистки деталей от таких загрязнений: очистка в 1,5...3 %-м растворе каустической соды с последующим ополаскиванием в воде или в растворе технического моющего средства; очистка в 15 %-м растворе соляной кислоты, подогретом до 60 °С; очистка в растворе солей и щелочей состава NaOH (65 %), NaNO<sub>3</sub> (30 %) и NaCl (5 %), нагретого до 300...420 °С; очистка растворяюще-эмульгирующими средствами на основе хлорированных углеводородов; очистка потоком косточковой крошки, зернами полиэтилена или полиамида в струе сжатого воздуха.

Впервые в Беларуси внедрен процесс очистки деталей от прочных загрязнений потоком стеклянных шариков диаметром 0,3...0,8 мм. По сравнению с другими этот вид очистки более производительен — меньшая стоимость очистного агента, оборудование имеет меньшие габариты, а процесс легче механизуется. Материал шариков по сравнению с другими искусственными абразивами характеризуется наиболь-

шим коэффициентом восстановления при ударе (15/16). Стеклосфера при ударе о поверхность детали не оставляет на ней следа.

Для технологической фильтрации очистных растворов внедрены оригинальные скоростные самоочищающиеся фильтры, которые имеют камеры фильтруемой и осветленной жидкости, разделенные цилиндрическим каркасом с фильтровальной перегородкой. Устройство для непрерывной очистки перегородки выполнено в виде вращающегося ротора, соосного цилиндрическому каркасу. Шлам удаляют через коническое днище фильтра.

Ремонтное производство располагает специфичным видом ресурса — остаточной долговечностью деталей ремонтного фонда. Наиболее полное использование этого ресурса — один из основных источников эффективности ремонта. Полное использование остаточного ресурса деталей имеет несколько решений: нахождение в ремонтном фонде тех деталей, размеры которых находятся в пределах полей допусков, установленных нормативно-техническими документами; пересмотр требований Руководств по капитальному ремонту машин об обязательной замене при ремонте ряда деталей с расширением номенклатуры восстанавливаемых деталей; применение новой концепции восстановления деталей с учетом значений их износов; внедрение необезличенного ремонта.

Средние значения доли годных деталей и стандартные ошибки их определения следующие: поршней 0,165 ± 0,021, поршневых пальцев 0,171 ± 0,032, шатунных вкладышей коленчатого вала 0,258 ± 0,053 и втулок распределительного вала 0,190 ± 0,041. Оснащение дефектационных постов необходимыми средствами и организация дополнительных слесарных работ обеспечивают выявление деталей с размерами, формой поверхностей и их взаимным расположением, удовлетворяющими требованиям к товарной продукции, что в конечном итоге приводит к сокращению затрат на ремонт. Наличие деталей с допустимыми износами объясняется меньшей наработкой отремонтированных машин по сравнению с новыми, неравноизносостойкостью поверхностей деталей, различными условиями эксплуатации и наличием деталей, установленных на машину перед сдачей ее в капитальный ремонт.

Начиная с некоторого объема ремонта, затраты на организацию и проведение дефектации деталей ремонтного фонда становятся меньше затрат на приобретение новых деталей взамен отбракованных. Названные работы становятся экономически выгодными, например при объеме ремонта 1...1,6 тыс. двигателей в год. При объеме ремонта 6,3 тыс. двигателей в год экономический эффект от реализации мероприятий обеспечивается уменьшением себестоимости ремонта на 15...20 %.

Увеличение способов восстановления и необходимых средств ремонта позволяет повысить количество восстанавливаемых деталей даже за счет тех, которые, согласно Руководству по капитальному ремонту, подлежат замене на новые, например поршни, вкладыши коленчатого вала, прокладки под головку цилиндров и др. Развитие материальной базы ремонта даст возможность устранять с меньшими затратами трудоемкие дефекты, например трещины, проходящие через нагруженные элементы деталей.

Впервые внедрены технологии восстановления малоресурсных и сложных в технологическом отношении деталей — поршней и вкладышей коленчатого вала, которые ранее заменялись при ремонте на новые. Затраты на восстановление поршней составляют 10...30 % стоимости новых деталей, вкладышей — 10...50 %.

Действующая концепция восстановления деталей предполагает бинарный принцип определения дефекта (он есть или его нет) и однозначность технологии его устранения. Здесь не учитывается состояние восстанавливаемого элемента, а технология построена на устранении дефекта с наибольшими значениями его характеристики, что сопряжено с повышенным расходом труда и производственных ресурсов на устранение дефекта. Учет технического состояния детали и дифференцированное назначение совокупности технологических воздействий по устранению каждого дефекта даже при многовариантности технологии даст экономический эффект.

В 50—60-х годах индустриализация ремонта с поточной формой организации труда привела к большим достижениям в централизованном восстановлении деталей на поточно-механизированных линиях, внедрению прогрессивных способов, но также и к обезличиванию предмета ремонта. Однако обезличенный ремонт — это неиспользованный остаточный ресурс, нарушение взаимного расположения поверхностей деталей, достигнутого в результате их приработки и эксплуатации, стабилизации внутренних напряжений в материале деталей, параметров зацепления шестерен, рост дебаланса и т. п.

Обезличенный ремонт не стимулирует заказчика беречь ремонтный фонд, а поощряет сдачу его в ремонт в состоянии металлолома.

Например, только 4 % двигателей ремонтного фонда поступает первый раз в заводской капитальный ремонт, а свыше 80 % двигателей — не менее чем в третий ремонт. Заказчик не сдает малоизношенную машину в обезличенный ремонт, а ремонтирует ее сам, не имея надлежащих условий и базы. Противоречие может быть решено путем организации необезличенного ремонта (с сохранением принадлежности деталей к конкретному изделию). Однако это не возврат к 50-м годам, а организация необезличенного ремонта с индустриальным поточным производством.

Сохранение принадлежности деталей к агрегату усложняет их учет, требует применения контейнеров и стеллажей для хранения комплектов, увеличения производственной площади, сроков ремонта, безразборного определения повреждений и остаточного ресурса. С другой стороны, сохранение комплектов деталей при ремонте уменьшает на 30...40 % объем механических и балансировочных работ и способствует сдаче машин в первый заводской ремонт.

Для освоения ремонта машины новой модели на вспомогательном производстве ремонтного завода имеется 100—200 ед. оборудования, которым почти полностью оснащены разборочно-очистной, комплектовочно-сборочный, окрасочный и испытательный участки. Несколько тысяч приспособлений расширяют технологические возможности приобретенного оборудования. Каждая технологическая операция требует создания контрольных средств для измерения параметров расположения и функциональных параметров. Трудоемкость изготовления средств технологического оснащения ремонта составляет 50...350 тыс. чел.-ч.

Техническое противоречие между объемами и сроками технологической готовности производства, требованиями к качеству отремонтированных изделий, с одной стороны, и возможностями собственного вспомогательного производства, с другой стороны, может быть разрешено переходом от системы технологических машин к системе исполнительных агрегатов, из которых могут быть скомпонованы различные технологические машины ремонта.

Система действующих технологических машин имеет конструктивную переопределенность, поскольку в разных моноблочных машинах есть однофункциональные элементы различных исполнений. Декомпозиция машин на функциональные блоки и анализ применяемости последних дали следующие результаты: чаще применяют устройства для измерения длин (35,2%), приложения разборочного и сборочного моментов (по 14,5 %), подачи и ориентирования деталей (по 6,2 %), базирования и закрепления деталей (по 4 %). Наиболее насыщены различными исполнительными агрегатами технологические машины разборочные, сборочные, контрольные, дефектационные, для нанесения покрытий, металлообрабатывающие и испытательные.

Множество исполнительных агрегатов (несколько тысяч единиц) может быть сведено примерно к 30 группам разнофункциональных устройств. Этот важный вывод о структуре технологических машин позволяет сосредоточить конструкторские работы на разработке небольшой номенклатуры исполнительных агрегатов и их рядов, из которых может быть скомпоновано множество технологических машин. Проектирование технологических машин превращается в их компонование из агрегатов, выбранных из типоразмерных рядов, в соответствии с технологической операцией. При смене предмета труда машина частично или полностью переналаживается. Присоединительные элементы исполнительных агрегатов позволяют их применять в разнофункциональных машинах.

Потребность в однофункциональных блоках машин выражается распределением множеств соответствующих технологических переходов. При этом описывается их функция, устанавливается параметр технологического воздействия и находится распределение частоты значений этого параметра. Часть функций, выполняемых технологическими средствами, которые изготовили на специализированных предприятиях и поставили на ремонтное производство в виде товарной продукции, вычитают из начального множества функций. Остальная их часть в виде гистограмм распределений учитывает следующие: виды и площади загрязнений на деталях ремонтного фонда; моменты отворачивания и затяжки одиночных и групповых резьбовых соединений; усилия разборки и сборки прессовых соединений; площади поверхностей, на которые наносит восстановительные покрытия; размеры элементов, подвергаемых различным видам механической и термической обработки; массу деталей, подаваемых на позиции дефектации, обработки, контроля и сборки.

Система исполнительных агрегатов технологических машин строится в два этапа. Сначала разрабатывают структуры исполнительных агрегатов для модальных значений каждого распределения переходов. Затем каждую структуру принимают в качестве базовой конструкции, из которой образуют типоразмерный ряд однофункциональных агрегатов. Базовую конструкцию многократно повторяют с измененными размерами и значениями основного параметра для удовлетворения потребности в агрегатах данного типа.

Методы структурного и параметрического синтеза функциональных частей технологических машин базируются на графовом представлении структур и параметров создаваемых объектов. Эти методы рассматривают сотни и тысячи вариантов технических объектов (в том числе новых) и обеспечивают выбор оптимальных решений.

Компоновка технологической машины предполагает образование ее структуры из исполнительных (основных и вспомогательных) агрегатов, соединительных и направляющих элементов по критерию минимальной длительности технологического цикла. Технологической основой компоновки машины являются возможные связанные множества технологических переходов над предметом труда.

Исполнительные агрегаты (модули), выбранные из оптимальных типоразмерных рядов, сочетаясь при компоновочном синтезе тем или иным образом, определяют при заданных технологических режимах затраты времени на рабочие  $t_p$  и вспомогательные  $t_b$  воздействия, а также время внецикловых потерь  $t_n$ , тем самым определяют производительность машины. С учетом строгой последовательности и предшествования выбирают вариант технологической операции из  $S$  технологических переходов, обращающий в минимум значение функции  $\sum (t_p + t_b + t_n)$ . Задача решается путем сравнения между собой всевозможных вариантов компоновок.

Организационные меры, направленные на повышение качества ремонта, следующие: сплошной входной контроль запасных частей и полуфабрикатов; учет сборочных операций; внедрение новых элементов системы качества. Внедрена карта сборки агрегата, в которой указаны фамилии сборщиков и контролеров, ответственных за узловую сборку и установку сборочной единицы на агрегат. На заводе разрабатывают и внедряют систему качества на основе стандартов ISO 9000.

Практика показала, что ремонт полнокомплектных машин не востребован. Имеется спрос на ремонт их агрегатов и комплектов деталей для среднего и текущего ремонта агрегатов в условиях эксплуатирующихся хозяйств. Сказанное необходимо учитывать при определении специализации ремонтного производства.

Технологическая подготовка ремонтного производства должна исключать загрязнение почвы, водного и воздушного бассейнов. Основные источники вредных отходов: металлоплавильные агрегаты, заводской транспорт, процессы очистки изделий, обкатываемые машины, сварочные и наплавочные посты, участок нанесения гальванопокрытий, котельная и кузница. На заводе действует служба охраны окружающей среды.

Отработавшие газы очищают химическими, физическими или механическими способами. Основные направления снижения сбросов загрязненных сточных вод заключаются в уменьшении расхода воды на единицу продукции и создании систем оборотного водоснабжения. Отработавшие очистные растворы нейтрализуют реагентным методом до pH 6,8...8,5 непосредственно в очистных машинах. Отстоявшуюся воду применяют повторно или сливают в заводскую канализацию, осадки шлама утилизируют.

Промышленная очистка гальваносток от ионов тяжелых металлов обеспечивается полуавтоматической установкой РВК 50-032М. Процесс основан на взаимодействии отходов с гидроокисью железа с образованием, в свою очередь, смешанных кристаллов и химических соединений, а также протеканием сорбционных процессов. Гидроокись железа FeOH получают из стальных отходов путем электролиза. В производство возвращается до 70 % обезвреженной воды.

Нефтепродукты отходы перерабатываются в заводских условиях в эмульсии, который применяется для сжигания в котельной или для смазки форм на заводах ЖБИ. Разработано и внедрено устройство, обеспечивающее смешение воды и нефтепродуктов отходов во всем объеме смеси путем ударно-волнового эмульгирования.

Термический способ очистки сточных вод достаточно эффективный. Сжигание сильно обводненных горючих отходов нефтепродуктов (18 % воды) при равномерном распределении воды по всему объему материала в котле ДКВР-10-13 обеспечивает снижение выбросов токсичных веществ по сравнению с их количеством при сжигании печного топлива. КПД отопительных котлов малой мощности повышался на 3...5 %. Достигнуто уменьшение частиц сажи на 85...90 %, оксида углерода и углеводородов на 75...80 % и оксидов азота на 40...45 %.

## Вниманию авторов!

В 1999 г. продолжается выплата гонорара (в долларах США) за перепечатку фирмой "АЛПЕРТОН ПРЕСС" (США) статей, опубликованных в журнале "Тяжелое машиностроение" в 1993—1996 гг.

По всем вопросам, касающимся получения гонорара, обращайтесь в Российское авторское общество (РАО).  
Адрес: Россия, 103670, Москва, Большая Бронная, 6а, комн. 110.  
Телефоны: (095) 203-35-33, 203-33-35

Учредители:  
ЗАО "ТЭНМА",  
АОЗТ Межгосударственный концерн "Трансмаш"  
Журнал зарегистрирован в Государственном Комитете РФ  
по печати.  
Свидетельство о регистрации № 017810.

ООО Издательство "Тяжелое машиностроение".

Корректор Л. Е. Сонюшкина  
Оригинал-макет изготовлен в ООО фирма АКИМ.  
121609, г. Москва, Рублевское ш., д. 42, корп. 2.  
Сдано в набор 18.12.98. Подписано в печать 25.01.99.  
Формат 60x88 1/8. Бумага мелованная.  
Печать офсетная. Усл.-печ. л. 4.9. Усл. кр.-отт. 6,86.  
Уч.-изд. л. 8,82. Заказ 200.

Адрес редакции: Россия, 103906, Москва, Нижний Кисловский пер., 5.  
Телефакс: (095) 203-43-04.

Отпечатано в Подольской типографии ЧПК  
142110, г. Подольск, ул. Кирова, 25