

**Министерство сельского хозяйства и продовольствия
Республики Беларусь**

**Белорусский государственный аграрный технический
университет**

УДК 631.3.004.67:658.512.4

ИВАНОВ Владимир Петрович

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПОДГОТОВКИ
РЕМОНТНОГО ПРОИЗВОДСТВА**

**05.20.03 - Эксплуатация, восстановление и ремонт
сельскохозяйственной техники**

**А в т о р е ф е р а т
диссертации на соискание ученой степени
доктора технических наук**

МИНСК - 1997

Работа выполнена в Полоцком государственном университете (экспериментальная часть выполнена на Полоцком ордена Трудового Красного Знамени авторемонтном заводе)

Научный консультант академик инженерной Академии России, доктор физико-математических наук, профессор КОРОБКО В.И.

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор ГЛУШАКОВ В.С.

доктор технических наук, профессор ГУСЬКОВ В.В.

доктор технических наук, старший научный сотрудник ЭЙЗНЕР В.А.

Оппонирующая организация Главное управление технического прогресса Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь

Защита состоится *15 мая* 1997 года в *10* часов на заседании совета по защите диссертаций Д02.31.02 в Белорусском государственном аграрном техническом университете по адресу: 220608, Минск, проспект Ф. Скорины, 99.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Университета.

Автореферат разослан *7 апреля* 1997 г.

Ученый секретарь
совета по защите диссертаций,
канд. техн. наук, доцент

Э.И. Новиков А.В.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальные проблемы. Послеремонтная наработка сельскохозяйственных машин в 1,5...2,5 раза меньше наработки новых изделий, на долю устранения отказов приходится до 60 % общих затрат на поддержание объектов в работоспособном состоянии, а наработка на сложный отказ (II и III группы) в среднем на 30 % ниже нормативных значений. Однако, ремонтное производство (РП) остается ресурсосберегающим производством, требующим своего совершенствования, поскольку затраты на устранение неисправностей и восстановление ресурса составляют 20...30 % от затрат на производство машин. Ремонтные заводы в количественном отношении оснащены в 4...6 раз хуже предприятий по изготовлению машин. Нынешнее состояние РП обусловлено неверной технической политикой в формировании средств производства, сложившимися его специализацией и концентрацией.

Повышение технического уровня РП требует непрерывного и планомерного развития его материальной базы, основу которой составляют средства технологического оснащения (СТО), необходимые для выполнения множества технологических воздействий на ремонтируемый объект на пути его превращения из ремонтного фонда в товарную продукцию. Степень изученности материальной базы РП и условий ее создания по количеству и глубине исследований уступает знаниям процессов основного производства.

Определяющая роль в совершенствовании средств труда РП принадлежит его технологической подготовке (ТП), которая должна обеспечить необходимое качество и конкурентоспособность отремонтированных машин, эффективность и мобильность производства, установленные сроки и объемы выпуска продукции.

Потребность в создании материальной базы РП, способного в современных рыночных условиях обеспечить необходимое качество ремонтируемых изделий с высокими значениями экономических показателей, вызвала решение крупной прикладной проблемы - разработку эффективных методов ТП РП.

Выполнение работы связано с реализацией планов организационно-технических мероприятий Полоцкого АРЗ за 1984-96 г., с выполнением республиканской научно-технической программы "Инструмент" (тема 4.04) за 1993-94 г. и республиканской комплексной программы фундаментальных исследований "Энергия" за 1991-95 г.

Цель и задачи. Уменьшение материальных, трудовых, энергетических и временных затрат на реконструкцию и создание различных участков РП, обеспечивающих заданные объемы ремонта и требуемые значения показателей его качества, за счет разработки и внедрения эффективных методов ТП РП.

Соответственно поставленной цели решены следующие задачи:

1. Предложена и реализована концепция ТП РП на основе принципов системности и оптимальности при создании средств и разработке процессов ремонта;

2. Изучены разборочно-очистные и дефектационные процессы и обоснован выбор мероприятия по снижению энергии и затрат на них;

3. Исследованы малоизученные свойства восстановительных покрытий и определены области рациональных технических решений при ТП процессов создания ремонтных заготовок;

4. Обоснованы мероприятия по ресурсосбережению ремонтного фонда деталей в деле полного использования их остаточной долговечности;

5. Исследованы закономерности создания материальной базы специфичных участков РП;

6. Разработана теория проектирования системы ремонтно-технологического оборудования РП на основе синтеза структурного, параметрического, компоновочного и планировочного;

7. Обоснованы мощность и структура вспомогательного производства, изготавливающего СТО, которые обеспечивают необходимое качество товарной продукции и высокую эффективность основного производства ремонтного завода.

Научная новизна результатов. В процессе разработки научных основ ТП РП:

- предложена новая концепция ТП РП, отличающаяся многоуровневым оптимизационным синтезом системы технологических машин основного производства во взаимодействии их с предметами ремонта и исполнителями, что обеспечило разработку и внедрение в производство новых и эффективных средств и процессов ремонта;

- определены новые зависимости показателя качества при погружной очистке загрязненных поверхностей от времени, затрат энергии, свойств загрязнения и очищающей среды, обеспечившие выбор режимов очистки и конструкции узлов активации очистной среды;

- установлены новые зависимости эффективной теплопроводности, коэффициента термического расширения и внутренних напряжений второго рода газотермических покрытий из порошков от основных факторов процесса, необходимые для обоснования режимов восстановления и прогнозирования свойств покрытий;

- впервые разработана система методов синтеза (структурного, параметрического, компоновочного и планировочного) ремонтно-технологического оборудования, отличающаяся многовариантностью и обоснованностью решений на всех системных уровнях с позиций важнейших технико-экономических критериев и обеспечивающая уменьшение сроков и трудоемкости ТП РП в 2 ... 3 раза;

- получило развитие обоснование мощности и структуры вспомогательного производства, обеспечивающего необходимые технический уровень основного производства ремонтного завода и качество товарной продукции.

Практическая значимость результатов. В производство введена система методов проектирования СТО, основанная на многоуровневой оптимизации. Составные части системы - структурный и параметрический синтез исполнительных агрегатов, составляющих СТО, и их рядов, компоновочный и планировочный синтез технологических машин и их комплексов - представлены в доступном для инженерного пользования виде с применением ПЭВМ.

Теоретические и экспериментальные исследования процесса отделения частиц загрязнений положены в основу ТП очистных процессов, выбора режимов очистки и конструкции агрегата активации очистного раствора. Исследования свойств покрытий из порошковых материалов определили выбор технологических режимов в процессах нанесения восстановительных покрытий.

Рекомендована система типоразмерных рядов исполнительных агрегатов ремонтно-технологического оборудования для заводов с различной производственной мощностью.

Обоснованы материальная база и производственная мощность участка вспомогательного производства ремонтного завода.

В процессе выполнения работы автор лично разработал и внедрил более ста наименований технологических машин для разборки, очистки, контроля, испытания, нанесения восстановительных покрытий, обработки, общей и уеловой сборки и приработки. Более тысячи технологических объектов и процессов разработано и

внедрено на Полоцком АРЗ под руководством и при непосредственном участии автора. Им организована ввод в эксплуатацию и модернизация производственных участков и рабочих мест: разборочно-очистных, восстановления деталей (блоков, головок и гильз цилиндров, чугунных коленчатых валов, поршней и поршневых пальцев, коромысел и др.), комплектовочно-сборочных, окрасочных, приработочных, среднего необезличенного ремонта двигателей личных автомобилей, изготовления из отливок гильз цилиндров, поршней и коленчатых валов. Принципиально новые технологии восстановления поршней, вкладышей коленчатого вала и коромысел, средства для уловой сборки изделий и для притирки клапанов к седлам внедрены в СНГ впервые.

Методы синтеза технологических объектов, рассмотренные в настоящей работе, внедрены в учебный процесс при подготовке инженеров-механиков по специальностям Т03.01 "Технология машиностроения, оборудование и автоматизация" и Т03.02 "Технология, оборудование высокоэффективных процессов обработки материалов" в Полоцком государственном университете.

Результаты работы использованы ПТИ "Сельхозтехпроект" при разработке Руководств по капитальному ремонту двигателей. Полученные результаты готовы к использованию в масштабах отрасли ремонта машин Республики Беларусь.

Экономическая значимость результатов. Экономический эффект от внедрения результатов работы в производство составляет (на 01.04.95) 11,2 млрд.руб. Технические решения в виде разработок технологических процессов и СТО могут быть использованы в качестве коммерческого продукта.

Положения, выносимые на защиту. Автор защищает технологические основы подготовки РП, в которые входят:

- функциональная модель отношений системы "исполнитель - СТО - предмет труда", объясняющая содержание и распределение функций между объектами ТП РП и выбор критериев оптимизации системы;
- зависимости времени и качества очистки деталей от вагряжений по критерию касательных напряжений трения в функции физико-химических свойств среды и градиента ее скорости в пограничном слое, положенные в основу разработки процессов и оборудования при ТП очистных процессов;
- зависимости теплопроводности, коэффициента теплового расши-

рения и внутренних напряжений второго рода восстановительных покрытий из исходных порошковых материалов от влияния основных факторов процесса нанесения, обеспечивающие выбор режимов нанесения и средств на стадии ТП создания ремонтных вагонов;

- графо-математическая модель выбора технологических баз при механической обработке восстанавливаемых деталей, обеспечивающей необходимую точность взаимного расположения поверхностей при меньшей толщине восстановительных покрытий;

- классификация технологических машин РП и их исполнительных агрегатов, которая определила их декомпозицию и уменьшение объема проектных работ за счет блочно-модульного строения СТО;

- графо-математические модели структурно-параметрического синтеза исполнительных агрегатов и их рядов и компоновочного синтеза технологических машин, обеспечивающего разработку новых патентноохраняемых СТО блочно-модульного строения с меньшей трудоемкостью проектирования;

- математические модели трудоемкости ТП разборочно-очистного, дефектационного, восстановления деталей, сборочного и испытательного участков от объемов ремонта и необходимых параметров предмета труда, прогнозирующие объемы и сроки подготовки основного производства и мощность вспомогательного производства.

Личный вклад соискателя. Наиболее существенные результаты, полученные при выполнении работы:

- моделирование и кинетика разборочно-очистных процессов с определением роли пленочных течений при погружной очистке загрязненных поверхностей в уменьшении расхода тепловой энергии;

- моделирование процесса переноса тепла в газотермических покрытиях из исходных порошкообразных материалов и математическое описание этого процесса;

- мероприятия ТП РП, обеспечивающие полное использование остаточной долговечности восстанавливаемых деталей;

- теория синтеза системы СТО РП;

- система исполнительных агрегатов технологических машин ремонтного завода;

- новые технологии восстановления деталей, которые ранее подлежали выбраковке, и новые средства ремонта;

- обоснование мощности и структуры вспомогательного производства ремонтного завода.

Апробация работы. Материалы работы доложены и обсуждены на: заседаниях кафедр производства и ремонта автомобилей и дорожных машин МАДИ (Москва, 1978 и 1980) и ремонта тракторов, автомобилей и сельскохозяйственных машин БИМСХ (Минск, 1991), заседаниях научно-технического семинара машиностроительного факультета НПИ (Новополоцк, 1991 и 1995) и научно-технического совета ЦНИИМЭСХ (Минск, 1995), XXXI и XXXII научно-технических конференциях МАДИ (Москва, 1973 и 1974), научно-технических конференциях БИМСХ "Проблемы механизации, электрификации и подготовки инженерных кадров" (Минск, 1991), ММИ "Ученые и специалисты - народному хозяйству области" (Могилев, 1993), "Ресурсосберегающие и экологически чистые технологии" (Гродно, 1996), выставке-ярмарке по проблемам авторемонтного производства "Автозапчасть-92" (Минск, 1992), республиканских научно-технических конференциях "Совершенствование технологии и организации ремонта автомобилей" (Киев, 1984), "Современные материалы, оборудование и технологии упрочнения и восстановления деталей машин" (Новополоцк, 1993 и 1995), "Проблемы качества и надежности машин и механизмов в условиях рынка" (Могилев, 1994), "Новые материалы и технологии" (Минск, 1996), международных конференциях "Оснастка-94" (Киев, 1994), "Состояние и перспективы восстановления и упрочнения деталей машин" (Москва, 1994), "Технология ремонта машин и механизмов" (Крым, 1994), "Ультразвуковая техника и технология" (Минск, 1995), научно-практической конференции "Современные технологии восстановления и упрочнения деталей - эффективный способ повышения надежности машин" (Москва, 1996)

Публикации. По теме диссертации опубликовано 57 работ, в том числе одна книга, одна брошюра, 50 статей и 4 изобретения.

Структура и объем работы. Диссертация содержит введение, описание основного содержания, семь глав, выводы, заключение, список литературы и приложения. Объем работы 353 страницы. Имеется 79 рисунков на 64 листах и 22 таблицы на 22 листах. Список литературы состоит из 297 наименований на 22 листах. Приложения в количестве 40 наименований и документы о внедрении результатов работы приведены на 59 листах.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Введение. Дана характеристика РП Республики Беларусь и указаны причины неудовлетворительной ТП его заводов. Приведен вклад исследователей в разработку ТП РП. Определена необходимость решения важной прикладной проблемы.

Глава первая. Определено дерево цели, задач и функций ТП РП, выполнен анализ законов развития техники, найдено соотношение новизны и преемственности технических решений, принимаемых на стадии ТП РП, установлены ее особенности, содержание и предложены пути совершенствования, указаны направления исследований.

Исходные заготовки и объемы производства определяют особенности РП и отличительные признаки ТП ремонтных заводов.

Содержание, цели и задачи ТП РП определили Левитский И.С., Дергачев А.Ф., Черепанов С.С., Конкин Ю.А. и Горячев А.Д. Частные вопросы этой подготовки рассмотрены в работах Крюкова В.П., Синельникова А.Ф., Молодыха Н.В., Назаркина В.С., Полупанова Ф.П. и других исследователей. Большой диапазон мнений о функциях ТП РП потребовал их практического уточнения.

Техническое противоречие, разрешаемое ТП РП, заключается в необходимости достижения высокого технического уровня основного производства ремонтных заводов при ограниченных возможностях их вспомогательных производств.

Установлено, что значения 90%-ной наработки отремонтированных двигателей и их нормативной наработки (тыс. км) равны, соответственно: 64,4 и 112 (двигатели ЗМЗ-53); 86,5 и 112 (двигатели ЗМЗ-24); 68,5 и 88 (двигатели УМЗ-451М). До 1988 - 89 годов наблюдалась тенденция снижения количества отказов двигателей в гарантийный период. В последние годы этот показатель растет в основном из-за старения ремонтного фонда.

Наибольшая доля дефектов (44,4%) в гарантийный период эксплуатации приходится на интенсивный износ восстановленных поверхностей с покрытиями (в основном, газопламенными). Дефекты, как результат изломов и разрушений деталей, составляют 34,5%, а дефекты, обусловленные недопустимыми погрешностями предшествующей механической обработки, составляют 4,3%. Низкая исполнительская дисциплина определяет 16,8% дефектов.

Причины недостаточной наработки отремонтированной продукции объясняются невысоким техническим уровнем ремонтно-техно-

логического оборудования, протекающих с его помощью технологических процессов и недостаточным метрологическим обеспечением производства.

Наибольшая часть себестоимости ремонта приходится на опасные части (45,7...48,9%), полуфабрикаты и материалы (15,5 ...16,0%), в то время, как доля тепловой и электрической энергии составляет 12,8...14,2%, а заработной платы - 6,5...8,3%. До 60% общепроизводственных расходов приходится на энергию. Более 2/3 расхода энергии на технологические нужды приходится на очистку деталей и сборочных единиц от эксплуатационных и технологических загрязнений.

Силами вспомогательного производства (при освоении ремонта двигателей) создают 50...300 единиц оборудования, которым почти полностью оснащены разборочно-очистные, комплектовочно-сборочные, окрасочные и испытательные участки. Несколько тысяч приспособлений расширяют технологические возможности приобретенного оборудования. Трудоемкость изготовления СТО составляет 50...350 тыс. чел.-час, что соответствует более чем полугодовому объему трудоемкости основного производства. Наблюдается корреляция между трудоемкостью создания СТО и массой ремонтируемого объекта.

Исследователи недооценивают важность разработки СТО для реализации предложенных способов, в то время, как средства ремонта являются основным компонентом его материальной базы. В лучшем случае разрабатываются лишь лабораторно-производственные образцы оборудования. Методология формирования РП касается, главным образом, обоснования способов восстановления изношенных деталей и его организационных основ, что является частью проблемы совершенствования ремонтной отрасли.

Методы проектирования СТО РП изложены в трудах Кошкина К.Т., Левитского И.С., Петрова Ю.Н., Волювика Е.Л., Еремина А.В. и Афанасикова Ю.И.. Эти методы, за небольшим исключением, ориентированы на создание единичных технологических машин. Взяты в комплексе, они не обеспечивают создание систем эффективных технологических машин РП.

Программа совершенствования вспомогательного производства не подкреплена анализом его структуры, затрат труда и времени на подготовку специфичных производственных участков заводов к ре-

монту изделий с наперед заданными показателями качества и производительностью. При определении объемов ТП РП не учитываются значения основных характеристик предмета труда.

Уровень изученности поставленных вопросов значительно уступает уровню исследования других проблем РП.

На стадии ТП требуется обоснование технических решений, реализуемых силами вспомогательного производства при создании участков РП, которые потребляют наибольшую долю ресурсов. Это относится, во-первых, к разборочно-очистным процессам, потребляющим до 80% тепловой энергии на технологические нужды. Во-вторых, - к процессам создания ремонтных заготовок и полному использованию остаточной долговечности исходных заготовок, так как более половины себестоимости ремонта составляют затраты на материалы и запасные части. И, в-третьих, - к процессам создания ремонтно-технологического оборудования, трудоемкость которых превышает в настоящее время возможности вспомогательного производства. Необходимы исследования по обоснованию уровня механизации и автоматизации создаваемых участков.

Глава вторая. Посвящена обоснованию общего и частных методов, объекта и предмета исследования. Методической базой исследования был выбран всеобщий диалектический метод познания, конкретизация которого применительно к исследованию отдельных объектов, процессов и их систем обусловила применение общих методов анализа и синтеза.

В качестве научной базы при выполнении настоящей работы были применены основные положения теории проектирования машин и процессов, технологии производства и ремонта машин, системогенетики, теории физических процессов, протекающих при восстановлении деталей, системно-структурного анализа, структурно-параметрического синтеза, математического моделирования, теории графов и множеств, исследования операций, теории вероятностей и математической статистики, планирования эксперимента.

Была выработана новая концепция ТП РП, суть которой заключалась в следующем. Комплекс создаваемых СТО при ТП РП составляет основной материальный объект производства, обеспечивающий совокупность необходимых технологических воздействий на предмет труда. В рамках ТП РП одновременно рассматривают все множество СТО ремонтного завода в виде многоуровневой иерархической

системы технологических машин, агрегатов и механизмов. Проектирование системы СТО заключается в выборе наилучших решений из множества возможных функциональных частей машин, их рядов, технологических машин и их комплексов, с позиций важнейших технико-экономических критериев.

Объект исследования составляла система СТО и предмета труда основного производства во взаимодействии между собой, с исполнителями, с потоками материалов, энергии и информации и с элементами производственного помещения. Исследования проводились как на материальных объектах, так и на физических или технико-экономических моделях. В качестве материальных объектов для исследования были приняты средства ремонта Полоцкого авторемонтного завода, ремонтный фонд и товарная продукция двигателей ЗМЗ-53 и ЗИЛ-130.

Предмет исследования включал совокупность основных зависимостей между затратами труда, энергии, материалов и времени на технологическую подготовку участков и рабочих мест РП, с одной стороны, и влияющими факторами, с другой стороны.

При исследовании применялся системный подход к ТП РП, рассматривающий ее объекты и процессы целостным множеством элементов, объединенных общей целью и находящихся в связях и отношениях друг с другом и с элементами внешней среды. Такой подход обеспечил нахождение множеств компонентов ТП РП, оптимальных с позиций принятых критериев и с минимальной трудоемкостью исследований. Системный подход к проблеме предполагал: целостное рассмотрение без пропусков и повторений множества элементов "исполнитель - средства труда - предмет труда", их функций, связей и отношений, подчиненных цели технологической готовности производства; определение функции цели, как затрат прошлого (овеществленного), настоящего (живого) и будущего труда на создание и функционирование системы СТО; выявление системного эффекта в виде разности затрат, с одной стороны, на создание комплекса единичных машин и, с другой стороны, на создание системы их упорядоченного множества; наличие обратной связи, как выяснения разницы в стоимостном выражении между входами и выходами системы для принятия промежуточных решений; учет ограничений, выражаемых установленными сроками и объемами выпуска продукции и значениями показателей ее качества.

Анализ включал декомпозицию объекта исследования, определение зависимостей между основными компонентами ТП РП, количественную оценку этих зависимостей и нахождение локальных оптимумов целевых функций. Результаты анализа были подтверждены исследованием малоизученных свойств предмета труда, приобретаемых в процессе воздействия на них со стороны исследуемых средств труда.

Области глобальных оптимумов целевых функций были достигнуты структурным, параметрическим, компоновочным и планировочным синтезом создаваемых СТО. Синтез включал образование многоуровневых структур объекта исследования, их формализацию и оптимизацию.

Глава третья. Обобщает результаты теоретических и экспериментальных исследований ТП разборочно-очистных процессов. Фракционный анализ основных уравнений неразрывности, диффузии, количества движения и энергии очищающей среды во время ее взаимодействия с загрязнением установил в критериальном виде зависимость качества очистки поверхности от способа очистки, свойств раствора, скорости активации и времени очистки.

Концентрация K отделившихся загрязнений, характеризующая качество очистки поверхности, выражается формулой:

$$K = C_f K^o P_r Re^{0,6} Sh^{-1} + K_o, \quad (1)$$

где C_f - коэффициент поверхностного трения, зависящий от касательных напряжений трения между раствором и загрязнением; K^o - коэффициент, определяющий способ активации очистного раствора; P_r - отношение коэффициентов температуропроводности и диффузии; Re - число Рейнольдса; Sh - число Струхала; K_o - постоянная, учитывающая начальные условия очистки.

На качество очистки деталей влияют градиент скорости среды у очищаемой поверхности, соотношение физико-механических свойств раствора и загрязнения и коэффициент поверхностного C_f . Одно и то же значение C_f может быть достигнуто разными затратами энергии в зависимости от способа активации процесса.

Эффект очистки поверхностей деталей от загрязнений оценивался величиной касательных напряжений трения T_w , возникающих на поверхности раздела "раствор - загрязнение".

Наибольшее значение T_w создают ротор-активатор и периодиче-

ские окунания детали в раствор. Однако, энергетические затраты на активацию очистного раствора путем периодического окунания деталей в раствор в 3,38 раза меньше, чем при использовании ротора-активатора.

Зависимость величины $C_f = 2\tau_w / \rho u^2$ (ρ - плотность, u - характерная скорость) от потребляемой мощности N и числа Re при различных способах формирования турбулентного пограничного слоя приведена на рис.1. Наибольшие значения $C_f = 0,0602$ при $N_{уд} = 0,5$ (отношения мощности, потребляемой на создание касательных напряжений, ко всей мощности) и наименьшую удельную мощность $N_{уд} = 0,2$ ($Re = 3 \cdot 10^5$) и $C_f = 0,019$ обеспечивает способ окунания с периодическим выносом деталей из раствора. Способ периодического окунания деталей в раствор отличен тем, что касательные напряжения трения на поверхности раздела "раствор-загрязнение" формируются не только во время движения деталей в растворе, так и при движении деталей над ним. Во втором случае

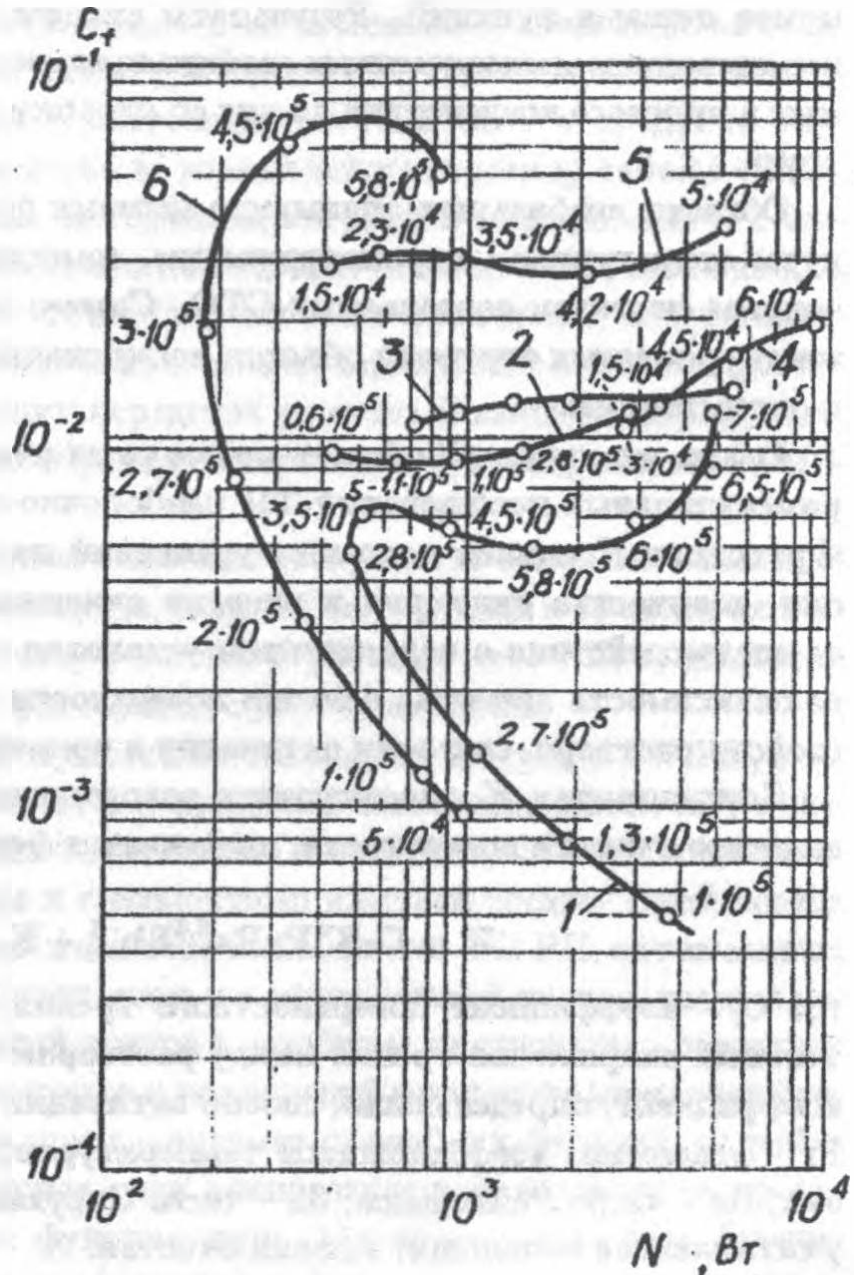


Рис. 1. Зависимости коэффициента поверхностного трения C_f от потребляемой мощности N и числа Re для различных способов формирования турбулентного пограничного слоя: 1 - окунанием и выносом деталей из раствора; 2 - лопастным винтом; 3 - эллиптическими колебаниями; 4 - прямоугольными колебаниями; 5 - ротором-активатором; 6 - окунанием с учетом пленочного течения

узел пленочного течения

напряжения возникают за счет стекания раствора в виде пленочных течений. Касательные напряжения при пленочном течении раствора достигают значения 3,2 Па, в то время, как при движении деталей в растворе значения этих напряжений в 1,52 раза меньше. Эффект пленочных течений увеличивается путем встряхивания деталей при движении их над раствором.

Время очистки поверхностей деталей обратно пропорционально кубу обобщенного числа Рейнольдса и при прочих равных условиях для различных способов очистки обратно пропорционально кубу динамической скорости или касательным напряжениям трения на очищаемой поверхности.

ТП очистных процессов должна строиться на создании типоразмерных рядов погружного оборудования с периодическим выносом деталей из раствора и их встряхиванием. При больших объемах ремонта (более 16 тыс. двигателей в год) возможно внедрение погружных конвейерных машин проходного типа с турбулизацией очистного раствора роторами-активаторами. Уменьшению времени и технологических затрат (в 2...3 раза) способствует внедрение устройств для предварительного замачивания деталей в растворе перед их основной очисткой.

Определены зависимости затрат Z (руб), отнесенных к одному технологическому переходу, на создание различных СТО при ТП процессов:

очистных

разборочных

$$Z = 0,102 q^{0,762} B^{0,574} F^{0,207}, \quad Z = 673,3 m^{0,496} n_n^{0,463} n_c^{0,301}, \quad (2,3)$$

измерения расположения
поверхностей

определения герметичности
внутренних полостей

$$Z = 185,9 L^{0,501} \Delta^{-0,873} m^{0,169}, \quad Z = 120,7 W^{0,724}, \quad (4,5)$$

где q - производительность очистки, $\text{дм}^2 / \text{час}$; B - остаточная загрязненность, балл; F - площадь оборудования в плаве, м^2 ; m - масса предмета труда, кг; n_n - количество позиций; n_c - количество соединений; L - наибольший размер, участвующий в измерении, мм; Δ - допуск контролируемого параметра, мкм; W - объем полости, дм^3 .

Наименьшие затраты на очистку деталей от прочных загрязнений (нагара, накипи и старых красок) при объеме ремонта 10 тыс.

двигателей в год обеспечивает очистка потоком стеклянных шариков диаметром 0,3...0,8 мм. Материал шариков, по сравнению с другими искусственными абразивами, характеризуется наибольшим значением коэффициента восстановления при ударе (15/16), а стеклосфера при ударе о поверхность детали не оставляет на ней следа. Увеличение объемов ремонта приводит к целесообразности очистки в растворе соляной кислоты.

В качестве средства регенерации очистных сред при всех объемах ремонта нужно применять скоростные самоочищающиеся фильтры с непрерывной очисткой фильтровальной перегородки.

ТП разборочных процессов строится на применении механизированного оборудования при объемах ремонта до 22 тыс. двигателей в год. Большие объемы ремонта требуют применения полуавтоматического оснащения.

Глава четвертая. Посвящена обоснованию направлений совершенствования ТП процессов создания ремонтных заготовок с учетом объемов ремонта, видов и состояния исходных заготовок. Дополнена классификация способов создания ремонтных заготовок. Исследованы недостаточно изученные свойства покрытий из порошкообразных материалов на основе железа.

Анализ модели восстановительного покрытия из исходных метал-

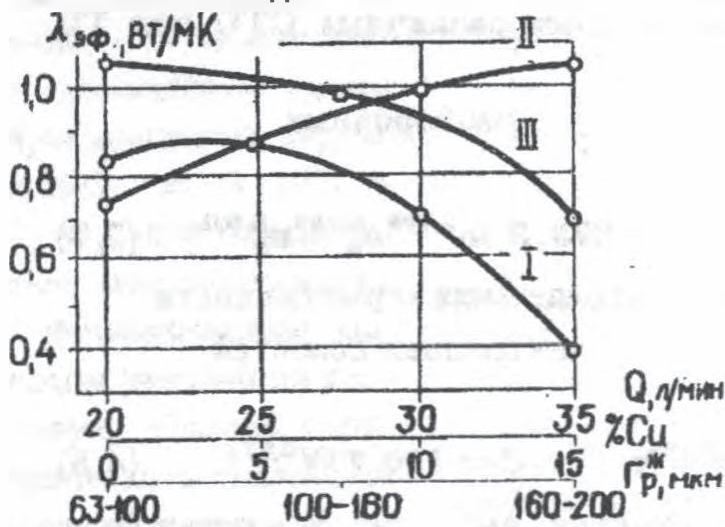


Рис. 2. Зависимость эффективной теплопроводности $\lambda_{эф}$ покрытия от исходного порошкового материала от: I - расхода Q плазмообразующего газа; II - процентного содержания меди Cu в покрытии; III - грануляции $Гр$ порошка

$$\lambda_{эф} = 1,532 - 0,034Q + 0,0367Cu - 0,00439Гр - 0,037QCu + 0,0445QГр - 0,0883CuГр - 0,0137Q^2 - 0,0092Cu^2 - 0,0761Гр, \text{ Вт/мК}, \quad (6)$$

лических порошков на основе принципа обобщенной проводимости Максвелла определил условия, при которых эффективная теплопроводность $\lambda_{эф}$ этого покрытия наибольшая.

Однофакторные зависимости $\lambda_{эф}$ покрытия - приведены на рис. 2, а уравнение множественной регрессии имеет вид:

где Q - расход плазмообразующего газа, л/мин; Cu - содержание меди в исходной композиции, % массы; Γp - размер частиц материала покрытия, мкм.

Изменение содержания меди в исходном материале в принятых пределах приводит к изменению теплопроводности покрытия в 3,3 раза, а изменение грануляции порошка в 1,77 раза больше, чем изменение расхода плазмообразующего газа. Средняя температура коренного подшипника коленчатого вала двигателя в опоре, восстановленной нанесением порошкового материала, была на 2...3°С большей, чем в опоре без покрытия. Коэффициент термического расширения (КТР) зависит от факторов процесса следующим образом:

$$\alpha = (7,243 - 0,1899Q + 0,0233L + 0,1983Cu + 0,0146\Gamma p + 1,3500d + 0,0134QL - 0,0275QCu - 0,0948Q\Gamma p + 0,0087Qd + 0,0071LCu - 0,0639L\Gamma p - 0,0150Ld + 0,0726Cu\Gamma p - 0,2141Cud - 0,1115\Gamma pd + 0,0314Q^2 + 0,01193L^2 - 0,0162Cu^2 + 0,0481\Gamma p^2 + 0,0552d^2) \times 10^{-6}, 1/K, (7)$$

где L - расстояние от сопла до детали, мм; d - диаметр сопла плазмотрона, мм.

Если степень влияния диаметра сопла на изменение КТР принять за единицу, то влияние грануляции порошка композиции составляет 1,8; расстояния от сопла до детали - 1,9; расхода плазмообразующего газа - 4,9 и содержания меди - 5,2.

Изменение КТР материала покрытия проявляется посредством изменения соотношения структурных составляющих покрытия: стали, меди, алюминия и их оксидов и зависит от напряженного состояния частиц (главным образом стальных).

Графические зависимости КТР материала покрытия от факторов процесса приведены на рисунках 3 и 4. Уравнение регрессии между величиной искажения кристаллической решетки $\Delta a/a$ и влияющими факторами имеет вид:

$$\Delta a/a = (11,203 + 0,00490I + 0,01189L - 0,00948\Gamma p - 1,3246d + 0,05411L + 0,0073\Gamma p - 0,02691d + 0,0093L\Gamma p + 0,0448Ld - 0,0936\Gamma pd - 0,0717I^2 + 0,0407L^2 - 0,0314\Gamma p^2 + 0,1172d^2) \times 10^{-3}, \text{рад}, (8)$$

где I - ток плазменной дуги, А.

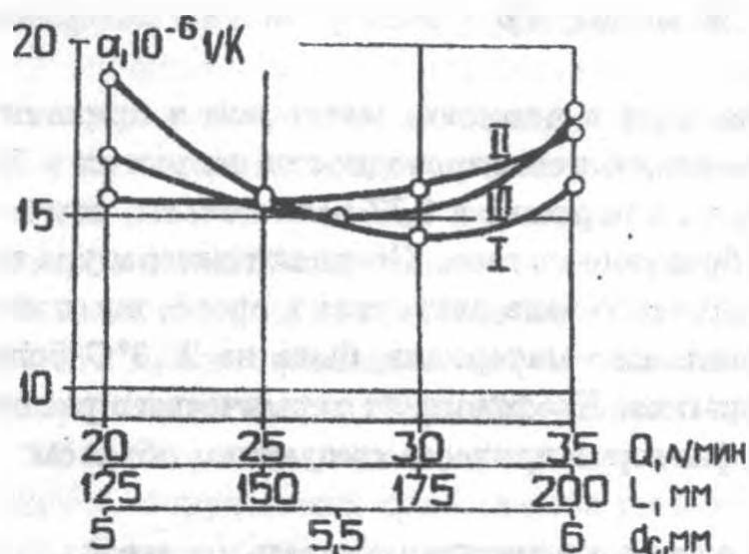


Рис. 3. Зависимость коэффициента термического расширения материала покрытия от: I - расхода Q плазмообразующего газа; II - расстояния L от сопла до детали; III - диаметра d сопла

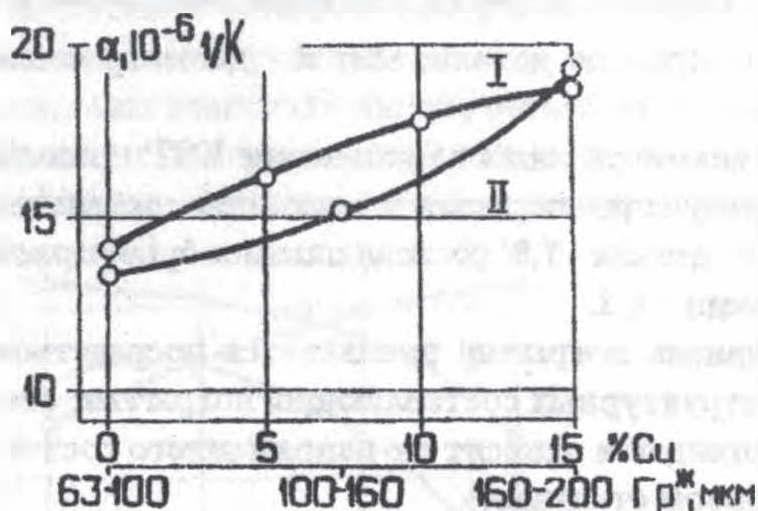


Рис. 4. Зависимость коэффициента термического расширения материала покрытия от: I - процентного содержания меди в покрытии; II - грануляции Gr исходного порошка

Графические зависимости искажений кристаллической решетки от наиболее значимых факторов процесса приведены на рис.5. Если степень влияния тока дуги на изменение $\Delta a/a$ принять за единицу, то степень влияния расстояния до детали - 2,01 и диаметра сопла - 3,5.

Проводилось сопоставление способов создания ремонтных заготовок при восстановлении базовых и основных деталей двигателей с позиций затрат, относенных к одной операции. Наименьшие затраты на создание ремонтных заготовок обеспечивает использование в качестве припуска припо-

верхностного изношенного слоя металла. Технологическую подготовку процессов создания ремонтных заготовок блоков и гильз цилиндров, коленчатых и распределительных валов следует начинать с использования дополнительных ремонтных деталей, закрепляемых сваркой, пайкой, клеем и силами упругости. Этот способ эффективен при объемах ремонта до 5 тыс. двигателей в год.

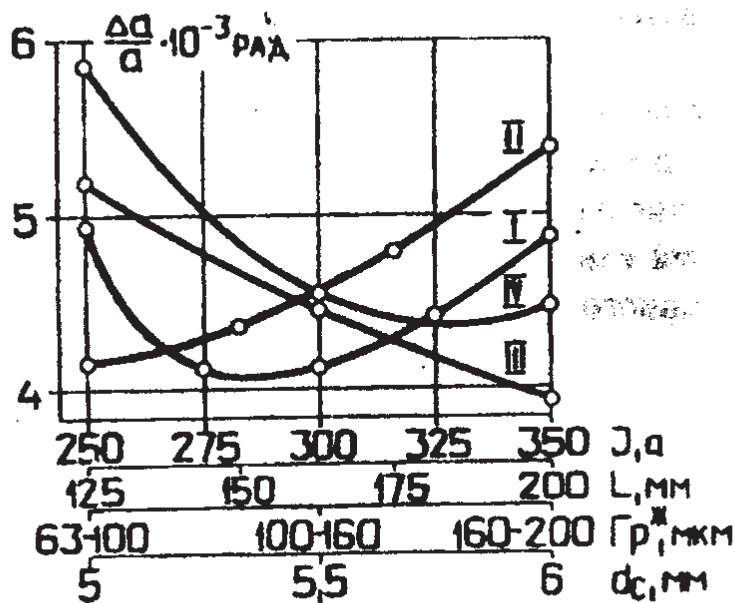


Рис.5. Зависимость искажений кристаллической решетки $\Delta d/d$ железа в покрытии от: I - тока I плазменной дуги; II - расстояния L от сопла до детали; III - грануляции Γp исходного порошка; IV - диаметра d сопла

Рост объемов ремонта требует создания ремонтных заготовок нанесением газотермических покрытий и электроконтактной приваркой металлического слоя. Большую экономическую эффективность обеспечивает термопластическая (о) раздача (обжатие) деталей - тел вращения, протекающие без расхода материалов. Нанесение гальванических покрытий следует при-

менять для восстановления деталей с небольшими износами.

Разница в затратах на восстановление одной детали различными способами большая при малых объемах восстановления, она уменьшается при увеличении объемов ремонта.

Глава пятая. Рассматривает проблему ресурсосбережения в аспекте наиболее полного использования остаточной долговечности деталей и особенности ТП механосборочных процессов РП.

Высокая стоимость капитального ремонта двигателей частично объясняется применением дорогих запасных частей, расходы на приобретение которых достигают 50% себестоимости продукции. Рассматривалась возможность повторного применения деталей ремонтного фонда, которые согласно нормативно-технической документации подлежат при ремонте замене на новые.

Определены средние значения доли годных деталей и стандартные ошибки их определения. Затраты на углубленную дефектацию деталей становятся меньше затрат на приобретение деталей взамен выбракованных, начиная с объемов ремонта 1...1,6 тыс. двигателей в год. При объемах ремонта 6,3 тыс. двигателей ЗМЗ-53 в год реализация мероприятия обеспечивает уменьшение себестоимости ремонта двигателей на 10...15%. Внедрены средства для безрабор-

ной дефектации осей коромысел и масляных насосов по критерию расхода или давления масла.

С развитием технологии ремонта машин ограничения Руководства по ремонту двигателей в части обязательной замены ряда деталей должны быть пересмотрены. Разработаны и впервые внедрены технологии восстановления наиболее сложных в технологическом отношении деталей из указанного ряда - поршней и вкладышей коленчатого вала. Затраты на восстановление поршней составляют 10 ... 30% от стоимости новых деталей, для вкладышей это соотношение равняется 10...50%.

На примере восстановления коренных опор блока цилиндров доказано положение, что технология восстановления деталей, учитывающая их техническое состояние, экономически выгодна по сравнению с действующими технологиями.

Предложен способ выбора технологических баз при механической обработке ремонтных вагонок, основанный на упорядочении графов отношений между основными поверхностями путем выделения вершин, не имеющих предков. Машинное время обработки детали с покрытиями является функцией:

$$t_m = f(HB; \sum^n T; \Delta_1; \Delta_2; \Delta_3; Ш), \quad (9)$$

где HB - значение твердости обрабатываемой поверхности; T - толщина припуска; n - число обрабатываемых поверхностей; $\Delta_1, \Delta_2, \Delta_3$ - значения параметров точности, соответственно, расположения, формы и размеров; $Ш$ - значения параметров шероховатости.

Искомое множество баз находится на кратчайшем пути графа поверхностей, вершины которого находятся в результате решения рекуррентного уравнения:

$$t_{j+1} = \min\{t_{(j+1)-j} + t_j\}, \quad (10)$$

по всем вершинам
графа

где j - шаги решения; t_{j+1} - длина пути, соответствующая $j+1$ шагам, считая от вершин первого яруса; t_j - длина пути, соответствующая движению для j шагов, при условии, что этот путь выбран оптимальным образом; $t_{(j+1)-j}$ - путь, соответствующий $(j+1)$ -му шагу.

При определении условий применения необезличенного ремонта двигателей установлено, что сохранение комплектов деталей уменьшает на 38...42% объем механических и балансировочных работ. Обоснован, исходя из остаточной долговечности, стоимости и состояния деталей и сборочных единиц, сохраняемый при ремонте их комплект. Область эффективного применения обезличенного ремонта ограничена справа объемами ремонта 4 ... 6,3 тыс. двигателей в год. Зависимости затрат (З, руб) на резьбо- и прессосборочные переходы выражаются формулами:

$$Z = 52,7 M_k^{0,656} \gamma^{0,169} n_{ш}^{-0,462} \omega^{-0,539}, \quad (11)$$

$$Z = 1105,2 P^{0,114} V^{-0,707} n_{oc}^{-0,160}, \quad (12)$$

где M_k - момент ватяжки, Нм; γ - коэффициент неравномерности ватяжки; $n_{ш}$ - количество шпинделей; ω - частота вращения шпинделей, 1/с; P - усилие привода, кН; V - скорость вадпрессовывания, мм/с; n_{oc} - количество одновременно собираемых сопряжений.

Затраты (З, руб) на технологические переходы механической обработки выражаются зависимостями:

точение

$$Z = 34,4 d^{0,288} l^{0,692} A^{-0,002} HB^{0,413} m^{0,239}, \quad (13)$$

расточивание

$$Z = 218,6 d^{0,169} l^{0,404} A^{-0,507} HB^{0,372} m^{0,127}, \quad (14)$$

сверление

$$Z = 2870,7 d^{0,290} l^{0,181} HB^{0,517} n_o^{0,339} n_{ш}^{-0,820} m^{0,217}, \quad (15)$$

абразивная обработка

$$Z = 1952,5 l^{0,204} n_{ш}^{0,319} A^{-0,408} m^{0,181}, \quad (16)$$

фрезерование

$$Z = 546,3 l^{0,465} n_{ш}^{0,206} A^{-0,183} m^{0,116}, \quad (17)$$

подача деталей

$$Z = 25,6 m^{0,424} K_{\text{н}}^{-0,453} \tau^{0,256}, \quad (18)$$

ориентирование деталей

$$Z = 10,6 d^{0,687} \Delta_y^{0,351}, \quad (19)$$

где d и l - диаметр и длина обработки, мм; A - коэффициент точности; $HВ$ - твердость материала; n_o и $n_{\text{ш}}$ - количество отверстий в детали и число шпинделей в сверильной головке, соответственно; n_k - число позиций; $K_{\text{н}}$ - коэффициент неравномерности подачи деталей; τ - средний ритм подачи деталей; Δ_y - точность предварительной установки детали.

Механизированное оснащение сборочного участка предпочтительнее механизированно-ручного на всем отрезке объемов ремонта от 4 до 40 тыс. двигателей в год. Полуавтоматическое оснащение выгоднее механизированного при объеме ремонта свыше 6,3 тыс. двигателей в год.

Глава шестая. Впервые комплексно исследованы вопросы создания материальной базы РП в виде четырехуровневой системы СТО. Новый подход к проблеме включает определение полного множества технологических воздействий на пути превращения ремонтного фонда в товарные изделия, классификацию этого множества, разработку для каждого типа воздействий рядов исполнительных агрегатов, компонование из этих агрегатов технологических машин и разработку планировок участков.

Классификация технологических машин производилась с применением идей кластерного анализа. В качестве меры близости между признаками частей машин принималось евклидово расстояние

$$L = L_{kn} : R_{kn} = \sqrt{(l_{rk} - l_{rn})^2} \rightarrow \min,$$

где L - подмножество, включающее p устройств типа L_{kn} с однородными функционально-конструктивными признаками; R_{kn} - число несовпадающих признаков между собой у k -го и n -го элементов; l_{rk} и l_{rn} - значения r -го признака элементов с номерами r и k ; m - число показателей.

Множество исполнительных агрегатов в количестве нескольких тысяч единиц может быть сведено примерно к тридцати группам разнофункциональных устройств. Этот важный вывод о структуре

технологических машин позволяет сосредоточить основные проектные работы на разработке небольшой номенклатуры исполнительных агрегатов и их рядов, из которых могут быть скомпонованы различные машины.

Решение задач структурно-параметрического синтеза частей технологических машин базируется на графовом представлении возможных вариантов структуры агрегата и множества значений его главного параметра и поиска оптимальной структуры агрегата и подмножества значений главного параметра, обращающих в минимум значения функции затрат.

Оптимальные структуры и параметрические ряды находят на графах с применением метода динамического программирования по критерию приведенных затрат.

Разработаны базовые исполнительные агрегаты (модули) и типоразмерные ряды из них для выполнения функций перемещения, базирования и закрепления деталей, приложения сил и моментов, очистки, регенерации очищающих сред, придания энергии активации очищающей среде при погружной очистке, ориентирования, измерения, определения течей и испытания. Названные устройства применяют для выполнения 80 ...90% множества технологических переходов.

Решение обобщенной задачи многоуровневого синтеза СТО РП соответствует оценке возможных вариантов в корневой вершине дерева по критерию затрат:

$$Z = \min \left\{ \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} c_{ij} x_{ij} \right\}, \quad (20)$$

при ограничениях

$$\sum_{i \in I} x_{ij} = b_j, j \in I_0; m \in L_q, q \in Q/Q_0;$$

$$\sum_{j \in J} x_{ij} = a_i, i \in I; x_{ij} \geq 0, i \in I, j \in J; J = I \cup \left(\bigcup_{q \in Q/Q_0} L_q \right),$$

где c_{ij} - затраты, отнесенные на изготовление и эксплуатацию одного элемента ($i \in I, j \in J, m \in M_q, q \in Q$); x_{ij} - количество составных частей (элементов) i -го типа, применяемых для удовлетворения потребности j -го вида; M_q - множество типов элементов, в которых используют элементы q -го типа; Q - множество типов элементов различных видов; Q_0 - множество типов составляющих элементов

самого нижнего уровня; I_q - множество типоразмеров элементов q -го типа; a_i - мощность производства по выпуску i -го типоразмера q -го типа элементов; L_q - множество типов составляющих элементов, необходимых для создания изделий q -го типа;

Отличие решения заключается в способе расчета потенциалов k_{ij} :

$$k_{ij} = \begin{cases} c_{ij} - U_i - V_j^1, & i \in I_1, j \in I_0 \\ c_{ij} - U_i - \sum_{m \in L_q} V_j^{(m)}, & i \in I_q, j \in I_q, q \in Q/Q_0; \\ c_{ij} - U_i - V_j^{(m)}, & i \in I_m, j \in I_q \cup I_\phi, m \in L_q, q \in Q/Q_c, \end{cases}$$

где U_i и V_j - такие числа, что: а) $(x_{ij} > 0) : k_{ij} = 0$ для базисных переменных; б) $(x_{ij} = 0) : k_{ij} > 0$ для свободных переменных.

Наилучшая компоновка технологической машины находилась путем алгоритмического выбора из всевозможных ее вариантов с позиций минимальной длительности технологического цикла. Была принята координатно-блочная система кодирования, которая учитывала число и вид блоков, взаимное расположение их осей и направления перемещений относительно осей координат.

Планировочный синтез производственного участка подчинен концепции планировочного решения производственного корпуса. Суть концепции, обеспечивающей минимальную транспортную работу на перемещение предмета труда, заключается в следующем:

- минимальную площадь производственного корпуса обеспечивает наилучшее сочетание направлений технологических процессов, длин производственных участков и относительное расположение каналов входов и выходов предмета труда;

- перемещения предмета труда при его общей разборке и общей сборке параллельны между собой и перпендикулярны перемещениям на участках восстановления деталей;

- направления перемещений предмета труда на участках общей разборки и сборки противоположны;

- участки восстановления деталей располагаются между каналами выхода соответствующих деталей с участка разборки-очистки и входа участка сборки.

Согласно принятой концепции участок накопления деталей подлежит упразднению, а его функции и уменьшенная площадь - совмещены, соответственно, с постами дефектационного участка. Длины участков восстановления деталей равны расстоянию между дефектационно-накопительными и комплекточно-сборочными постами или

нечетно кратны этим расстояниям.

Глава седьмая. Содержит исследования трудоемкости ТП участков разборочно-очистных, дефектационных, восстановления деталей, сборочных и испытательных, обеспечивающих необходимые качество продукции и производительность труда. Обоснованы мощность и структура вспомогательного производства ремонтного завода.

Регрессионные зависимости влияния факторов, характеризующих предмет труда, на трудоемкость (Т, тыс. чел-час) создания участков (рабочих мест):

разборочно-очистных

$$T = 2,32910^{-3} n_{po}^{0,494} n_{пр}^{0,692} N^{1,261}, \quad (21)$$

дефектационных

$$T = 0,0290 n_d^{0,284} A^{-0,514} m^{0,746} N^{0,319}, \quad (22)$$

восстановления деталей

$$T = 0,0630 S_n^{0,809} A^{-0,714} n_{пр}^{0,195} n_v^{0,254} m^{0,714} N^{0,417}, \quad (23)$$

сборочных

$$T = 9,34910^{-5} n_{po}^{0,727} n_{пр}^{1,160} N^{0,878}, \quad (24)$$

испытательных

$$T = 2,84210^{-4} m^{1,545} N^{0,263}, \quad (25)$$

где n_{po} и $n_{пр}$ - количество разбираемых и собираемых резьбовых и прессовых, соответственно, соединений; N - годовой объем выпуска, тыс. ед; n_d - число дефектуемых параметров; A - коэффициент точности основного элемента; m - масса восстанавливаемой детали, кг; S_n - площадь восстанавливаемых элементов, $см^2$; $n_{пр}$ - количество параметров расположения; n_v - количество видов восстанавливаемых элементов.

На основании изучения множества деталей изготавливаемого ремонтно-технологического оборудования определена структура оборудования участка вспомогательного производства ремонтного завода.

При объемах ремонта двигателей ЗМЗ-53 16 тыс. в год экономический эффект от внедрения научных и инженерных решений составляет 11,2 млрд руб (на 01.04.95). Около половины (44 %) эффекта создают мероприятия по восстановлению деталей, 31 % - мероприятия по дефектации деталей и 11, 8 и 6 %, соответственно, мероприятия по совершенствованию разборочно-очистных, приработочно-испытательных и комплектовочно-сборочных процессов. Представлена структура эффекта в ресурсном выражении.

Внедрение результатов работы в производство обещает снижение затрат при ремонте двигателей на 25%, а сокращение трудоемкости конструкторско-технологических работ в 2...3 раза. Технологии ремонта блоков, гильз и головок цилиндров, шатунов, поршней, коленчатых и распределительных валов, клапанов и толкателей, а также соответствующие СТО заимствованы у нас и внедрены на ряде заводов Беларуси, России, Литвы, Украины, Молдовы, Узбекистана, Казахстана и Туркменистана.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

1. На основе систематизации методов подготовки производства, обобщения теоретических и экспериментальных исследований процессов и средств ремонта, разработки системы методов синтеза СТО и исследования вспомогательного производства ремонтного завода решена крупная прикладная проблема - разработаны эффективные методы ТП РП - что обеспечило реконструкцию или создание производственных участков, способных ремонтировать изделия с нормативными показателями надежности и с меньшими трудовыми и материальными затратами.

2. Предложен новый концептуальный подход к ТП РП, включающий представление основного материального объекта РП - средств технологического оснащения - в виде их целостного многоуровневого иерархического множества, выполняющих соответствующие технологические функции (переходы, операции и процессы), систему методов синтеза каждого уровня элементов и многоуровневую оптимизацию. Система методов синтеза средств и процессов обеспечивает получение эффективных и новых патентоспособных технических решений. Практическое применение предложенных методов обеспечивает безусловный уровень качества технологических воздействий, сокращает объем проектных работ в 2..3 раза и уменьшает на 30...50% объемы работ по изготовлению и вводу в эксплуатацию

СТО.

3. На основе теоретических и экспериментальных исследований обоснована совокупность и очередность технических решений, подлежащих внедрению при ТП разборочно-очистных процессов. Фракционный анализ основных уравнений гидродинамики, учитывающий касательные напряжения на границе "раствор - загрязнение" и затраты энергии на создание этих напряжений, показал, что качество очистки поверхностей зависит не только от скорости среды и времени очистки, но, главным образом, от коэффициента поверхностного трения, значения которого определяются способом активации очистного раствора и характеризуют качество технического решения.

В РП получают распространение погружные способы постовой очистки деталей с периодическим окунанием очищаемых объектов в раствор и встряхиванием деталей над раствором и проходная очистка с гидродинамической активацией среды. Экспериментально определен и теоретически объяснен эффект пленочных течений на очищаемых поверхностях при погружной очистке, создающих в 1,65 раза большие касательные напряжения трения после выноса деталей из раствора, чем в самом растворе. Очистку от нагара и накипи при объемах ремонта двигателей до 10 тыс. в год необходимо вести ударно-абразивными способами, а при больших объемах - химическими. Регенерация очистных сред эффективна с применением самоочищающихся механических фильтров. ТП разборочного участка мощностью до 22 тыс. двигателей в год строится на применении механизированного, а при больших объемах - полуавтоматического оснащения.

4. На основании экспериментально-аналитических исследований эффективной теплопроводности, коэффициента термического расширения и внутренних напряжений второго рода, обоснованы технологические режимы нанесения и состав исходных материалов газотермических покрытий из металлических порошков.

Предложенная модель гетерогенного восстановительного покрытия позволяет прогнозировать значения теплопроводности покрытий в зависимости от соотношения размеров частиц, окислов, газовых пор и их теплопроводности. Установлено теоретически и подтверждено экспериментально, что наибольшее влияние на изменение теплопроводности покрытия оказывает содержание в нем теплопроводных материалов (меди, бронзы, алюминия) и размеры частиц

основы.

Определены условия получения покрытий с высокой адгезией к подложке за счет уравнивания их коэффициентов термического расширения.

Доказана возможность применения газотермических покрытий для восстановления незамкнутых поверхностей в условиях динамических и тепловых нагрузок в результате стендовых и эксплуатационных испытаний двигателей с коренными опорами, восстановленными плазменными покрытиями.

Обоснован прогноз об увеличении множества ремонтных работ за счет использования в качестве припуска приповерхностного слоя изношенного металла и перераспределения материала детали по неизнашиваемому объему в зону износа. Тип создания ремонтных работ различных деталей при небольших объемах ремонта должна быть организована за счет применения дополнительных ремонтных деталей, укрепленных сваркой, пайкой, клеем и силами упругости. С ростом объемов ремонта целесообразно нанесение газотермических покрытий и электроконтактной приварки металлического слоя.

5. Получили развитие мероприятия по сбережению ресурса деталей при их восстановлении: углубленная дефектация деталей ремонтного фонда; разработка новых технологий восстановления деталей, которые, согласно действующим нормативам, подлежат замене на новые; определение рациональной области применения необезличенного ремонта; выбор технологических баз при механической обработке восстанавливаемых деталей.

Углубленная дефектация деталей ремонтного фонда с целью поиска годных деталей целесообразна, начиная с объемов ремонта 1 тыс. двигателей в год. Внедрены новые технологии восстановления поршней и вкладышей подшипников коленчатого вала, которые, согласно действующим нормативным документам, подлежат замене на новые.

Организация ремонта с сохранением принадлежности деталей к двигателю эффективна при объемах до 6,3 тыс. в год, обоснован состав сохраняемого комплекта деталей. Экономически целесообразна организация многовариантных процессов восстановления деталей с учетом их технического состояния в условиях мелкосерийного многономенклатурного РП.

Развит и апробирован способ выбора технологических баз при механической обработке восстанавливаемых деталей по критерию

машиного времени обработки, обеспечивающий уменьшение толщины наносимых покрытий в 1,5 раза с достижением необходимой точности расположения поверхностей, как обрабатываемых, так и необрабатываемых при ремонте.

6. Впервые в РП теоретически развита и практически обоснована система методов четырехуровневого синтеза исполнительных агрегатов, их типоразмерных рядов, технологических машин и их комплексов, выполняющих заданную совокупность технологических воздействий на предмет труда, отличающаяся непрерывностью и взаимообусловленностью частей процесса проектирования СТО, обоснованностью решений на разных системных уровнях с позиций затрат, производительности и занимаемой производственной площади.

Методы структурного и параметрического синтеза функциональных частей технологических машин, базирующиеся на графовом представлении структур и параметров создаваемых объектов, рассматривают сотни и тысячи вариантов технических объектов (в том числе новых) и обеспечивают с помощью аппарата динамического программирования выбор эффективных решений. В отличие от действующей системы ремонтно-технологического оборудования предложена система исполнительных агрегатов переналаживаемых СТО ремонта.

Методы компоновочного и планировочного синтеза технологических машин оптимизируют решения при разработке структур отдельных машин и комплексов, составляющих производственный участок. Методы дополняют технологические решения при проектировании операций и процессов.

7. Установлены зависимости трудоемкости ТП основных процессов (участков) РП от параметров предмета труда, необходимые для прогнозирования сроков и затрат на ТП, обеспечивающей ремонт изделий с заданными показателями качества. Обоснованы мощность, структура и состав оборудования участка вспомогательного производства, обеспечивающего подготовку основного производства при заданных ограничениях.

8. Внедрение новых СТО и прогрессивных технологий на Полоцком АРЗ в процессе выполнения работы обеспечило получение прибыли в размере 250 тыс. минимальных заработных плат. При объемах ремонта двигателей ЗМЗ-53 16 тыс. в год экономический эффект от внедрения предлагаемых мероприятий составляет 11,2 млрд

руб (по состоянию на 01.04.95). Внедрение результатов работы в производство снижает затраты на ремонт двигателей на 25%.

**ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ
ОПУБЛИКОВАНО В СЛЕДУЮЩИХ РАБОТАХ:**

1. Коробко В.И., Иванов В.П., Семенов В.И. Технологическое оснащение ремонтного производства.- Мн.:Універсітэцкае, 1994. - 140 с.

2. Иванов В.П. Совершенствование разборочно-очистного процесса ремонтного завода.-Мн.:НТИ автомобильного транспорта и автомобильных дорог Республики Беларусь, 1993.- 28 с.

3. Механизация и автоматизация плазменной металлизации /Румянцев С.И., Скальный В.В., Астраханцев В.Е., Воропилов Б.А., Иванов В.П. //Механизация и автоматизация производства, 1972. -N 9. с.13-17

4. Румянцев С.И., Иванов В.П. Исследование возможности восстановления опор коренных подшипников блока цилиндров двигателя ЗИЛ-130 способом металлизации сжатой дугой /В кн.: Ремонт автомобилей/ Тр.МАДИ.-Вып.58.-М.: МАДИ, 1973.-с. 27-30

5. Румянцев С.И., Иванов В.П. Исследование теплопроводности покрытия при восстановлении опор коренных подшипников блока цилиндров двигателя ЗИЛ-130 методом металлизации сжатой дугой //Тр. МАДИ: Ремонт автомобилей и дорожных машин. - Вып. 82. - М.: МАДИ, 1974.- с. 42-45

6. Румянцев С.И., Иванов В.П. Исследование коэффициента линейного расширения покрытия, нанесенного методом металлизации сжатой дугой //Тр МАДИ: Ремонт автомобилей и дорожных машин. - Вып. 82: М.: МАДИ, 1974. -с. 46-48

7. Румянцев С.И., Тергемесов О., Иванов В.П. Восстановление опор коренных подшипников //Автомобильный транспорт,1976. -N 2. с. 34-36

8. Иванов В.П. Разработка технологического оборудования с использованием интегрального показателя качества проекта //Стандарты и качество, 1978.-N 4. - с. 37-40

9. Иванов В.П. Разработка агрегатированного технологического оборудования на базе оптимальных параметрических рядов агрегатов //Стандарты и качество, 1979.- N 4. - с. 55-58

10. Иванов В.П. Оптимальное технологическое оснащение разборочного участка завода по капитальному ремонту автомобильных двигателей //Ремонт и техническое обслуживание машинно- трак-

торного парка: Экспресс-информация: М.: ЦНИИТЭИ, 1979. - N 12. - с. 1-5

11. Иванов В.П. Автоматизация сборочного участка завода по капитальному ремонту автомобильных двигателей // Механизация и автоматизация производства, 1980.- N 10. - с. 38

12. Иванов В.П., Мозоленко Л.С. Гайковерт для сборки резьбовых соединений // Машиностроитель, 1981. - N 7.- с. 45

13. А. с. 956267 СССР, МКИ В25 В 21/00. Электромеханический гайковерт / Иванов В.П., Мозоленко Л.С. (СССР).- N 2605460; Заявлено 18.04.78; Оpubл. 07.09.82, Бюл. N 33

14. Данилов В.А., Иванов В.П., Терентьев В.А., Ткачев В.Г. Ротационное точение гильз цилиндров // Машиностроитель, 1988. - N 2.- с. 17-18

15. Иванов В.П., Титов В.Ф. Комплект деталей для ремонта двигателя ЗМЗ-53 // Механизация и электрификация сельского хозяйства, 1990.- N 9.- с. 48-49

16. Иванов В.П. Повышение качества ремонта блоков цилиндров автомобильных двигателей // Двигателестроение, 1990. - N 11.- с. 41-42

17. Иванов В.П. Ремонт поршней оправдан // Автомобильный транспорт, 1990. - N 12.- с. 48

18. Иванов В.П. Оборудование для ремонта двигателей ЗМЗ-53 // Механизация и электрификация сельского хозяйства, 1991. - N 3.- с. 41-43

19. Иванов В.П. Проектирование средств технологического оснащения ремонтного завода // Машиностроитель, 1991. - N 4. с. 12-13

20. Иванов В.П. Трудоемкость и себестоимость изготовления ремонтно-технологического оборудования // Научно-технический информационный сборник: Техническое обслуживание, ремонт машинно-тракторного парка и оборудования. - М.: Информагротех, 1991.- Вып.2. - с. 11-14

21. Иванов В.П. Проектирование средств оснащения при технологической подготовке ремонтного производства // Проблемы механизации, электрификации и подготовки инженерных кадров: Теор. науч.-техн. конф. - Мн.: БИМСХ, 1991. - с. 143-144

22. Иванов В.П. Стенд для сборки и регулирования сцеплений автомобильных двигателей // Машиностроитель, 1992.- N 9.- с. 19

23. Korobko V.I., Ivanov V.P. Methodics of determination of the mecha-

nization and automatization degree of the technological machines /29-th Polish Solid mech. conference. - Poland: Rytro, 1992.-p. 48

24.Коробко В.И.,Иванов В.П.Принципы проектирования средств технологического оснащения ремонтного производства // Труды ГОСНИТИ: Восстановление деталей и техническое обслуживание машин, используемых в сельском хозяйстве.-Том 92.-М.:ГОСНИТИ, 1992.- с. 118-125

25.Сухоруков В.Ф., Иванов В.П. Опыт Полоцкого АРЗ в деле совершенствования ремонта автомобильных двигателей //Ярмарка-аукцион по проблемам авторемонтного производства "Автозапчасть-92" /22-23 октября 1992 г.- Минск.: Республиканское правление "БелНТОавтодор", 1992.- с. 9-10

26.Иванов В.П. Исследование и внедрение ресурсосберегающих технологий на Полоцком АРЗ // Ученые и специалисты - народному хозяйству области: Тез. докл. науч.-техн. конф. - Могилев (19-20 мая 1993) - Могилев, 1993.- с. 45

27.Пат. 1801079 СССР, МКИ В23 Р 19/00. Стенд для сборки и регулировки сцеплений автомобильных двигателей / Иванов В.П. (РБ).- N 4873832/08; Заявлено 28.06.90; Опубл. 07.03.93, Бюл. N 9

28.Иванов В.П., Баранкевич М.М. Сварка и наплавка при восстановлении и упрочнении деталей автомобильных двигателей на Полоцком АРЗ //Современные материалы, оборудование и технологии упрочнения и восстановления деталей машин: Тез.докл.респ. науч.-техн. конф.(Новополоцк, 22-23 апреля 1993).-Новополоцк, 1993.- с. 120-122

29.Баранкевич М.М., Иванов В.П. Восстановление шеек коленчатых валов из высокопрочного чугуна //Современные материалы, оборудование и технологии упрочнения и восстановления деталей машин: Тез. докл. респ. науч.-техн. конф.(Новополоцк, 22- 23 апреля 1993). - Новополоцк, 1993.- с. 122-123

30.Иванов В.П. Стенд для контроля жесткости пружин //Машиностроитель, 1993. - N 11.- с. 6

31.Иванов В.П., Спериденко Ф.М. Модернизированный станок для притирки клапанов к седлам //СТИН, 1993.- N 4.- с. 18-20

32.Иванов В.П.,Титов В.Ф. Ремонт поршней двигателя ЗМЗ-53 //Механизация и электрификация сельского хозяйства, 1993.- N 10. с. 23-24

33.Пат. 707 (ВУ), МКИ В23 Р6/00. Способ восстановления кана-

вок поршней. /Иванов В.П., Титов В.Ф., Сухоруков В.Ф.- Заявка N 45; Заявлено 22.12.92; Зарегистрировано 03.01.95

34.Иванов В.П., Попок Н.Н., Хейфец М.Л. Автоматизированная система инструментально-технологической подготовки производства //Оснастка-94: Тез. докл. международн. конф. (Киев, 22 - 24 марта 1994) - Киев: УДЭНТЗ, 1994.- с. 89

35.Иванов В.П., Баранкевич М.М. Технологическая подготовка процессов восстановления деталей автомобильных двигателей // Состояние и перспективы восстановления и упрочнения деталей машин: Материалы конференции.- Ч. 2.- М.: Общество "Знание" Российской Федерации, 1994.- с. 120-123

36.Иванов В.П., Баранкевич М.М. Восстановление коленчатых валов из высокопрочного чугуна//Сварочное производство, 1994. - N 7.- с. 28

37.Иванов В.П. Организация технологической подготовки ремонтного производства //Технология ремонта машин и механизмов - 94: Тез. докл. международн. конф. (Киев, 5-7 мая 1994). -Киев: УДЭНТЗ, 1994.- с. 24

38.Коробко В.И., Иванов В.П. Блочное-модульное проектирование системы средств технологического оснащения ремонтного завода //Международный журнал "Проблемы машиностроения и автоматизации", 1994.- N 3-4. - с. 18-20

39.Иванов В.П. Обеспечение качества ремонта автомобильных двигателей на стадии технологической подготовки производства // Проблемы качества и надежности машин и механизмов в условиях рынка: Тез. докл. респ. науч.-техн. конф. (Могилев, 4 - 5 октября 1994).- Могилев, 1994.- с. 155

40.Иванов В.П. Восстановление деталей: есть возможности расширения //Автомобильный транспорт, 1994.- N 10.- с. 15-16

41.Иванов В.П. Технологическая подготовка ремонтного производства в условиях рынка //Механизация и электрификация сельского хозяйства, 1994.- N 11.- с. 22-24

42.Коробко В.И., Иванов В.П. Совершенствование технологических процессов очистки деталей и машин //Международный журнал "Проблемы машиностроения и автоматизации", 1995.- N 1-2. - с. 29-31

43.Иванов В.П. Стенд для нанесения противадгезионного покрытия //Машиностроитель, 1994.- N 10.- с. 6

44.Иванов В.П. Выбор технологических способов при восстановлении основных и базовых деталей автомобильных двигателей // Современные материалы, оборудование и технологии упрочнения и восстановления деталей машин /II респ. науч.-техн. конф.: Тематический сборник.- Вып. 2.- Новополоцк, 1993. - с. 49-50

45.Иванов В.П. Сбережение ресурса деталей при ремонте двигателей //Современные материалы, оборудование и технологии упрочнения и восстановления деталей машин: / II респ. науч.- техн. конф.: Тематический сборник.- Вып. 2.-Новополоцк, 1993. - с. 51

46.Севернев М.М., Лугаков Н.Ф., Ивинский В.И., Стукин С.А., Иванов В.П., Семенов В.И., Костюченко А.В. Исследование импульсной схемы непрерывного регулирования скорости подачи волноводной проволоки при электродуговой наплавке в ультразвуковом поле //Ультразвуковая техника и технология: Тез. докл. Международн. науч.-техн. конф. (Минск, 25-27 октября 1995).- Минск, 1995.- с. 33

47.Севернев М.М., Лугаков Н.Ф., Ивинский В.И., Стукин С.А., Иванов В.П., Семенов В.И., Костюченко А.В. Исследование релейной схемы слежения подачи волноводной проволоки при электродуговой наплавке в ультразвуковом поле //Ультразвуковая техника и технология: Тез. докл. Международн. науч.-техн. конф. (Минск, 25-27 октября 1995).- Минск, 1995.- с. 34

48.Сперяденко Ф.М., Иванов В.П. (ВУ) Станок для притирки клапанов к седлам //Решение патентной экспертизы N 5 от 17. 07.96

49.Иванов В.П., Семенов В.И. Ресурсосберегающие и экологически безопасные технологии при восстановлении деталей //Современные технологии восстановления и упрочнения деталей - эффективный способ повышения надежности машин": Материалы научно-практической конференции (Москва, 21-22 мая 1996) - М., 1996.- с. 41-42

50.Пантелеенко Ф.И., Иванов В.П., Константинов В.М., Сороговец В.И. Разработка пары трения для восстановления механизма газораспределения двигателя внутреннего сгорания //Новые материалы и технологии //Материалы, технологии, инструмент.- Беларусь, 1996. N 2.- с. 37-38

51.Иванов В.П. Система исполнительных устройств ремонтно-технологического оборудования //Механизация и электрификация сельского хозяйства, 1996.- N 9.- с. 24-26

52.Иванов В.П., Титов В.Ф. Сохранение принадлежности деталей

к двигателю при ремонте //Механизация и электрификация сельского хозяйства, 1996.- N 11.- с. 24-25

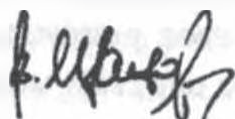
53.Севернев М.М., Шиялев А.С., Лугаков Н.Ф., Стуккин С.А., Иванов В.П., Семенов В.И. Ультразвуковая ресурсосберегающая технология наплавки металла при восстановлении и изготовлении деталей //Ресурсосберегающие и экологически чистые технологии: Вторая науч.-техн. конф. (Гродно, 8-9 октября 1996) / Гродно, 1996.- с.139-140

54.Шиялев А.С., Коробко В.И., Семенов В.И., Иванов В.П., Стуккин С.А. Сбережение остаточного ресурса деталей и экологическая безопасность процессов ремонта //Ресурсосберегающие и экологически чистые технологии: Вторая науч.-техн. конференция (Гродно, 8-9 октября 1996) /Гродно, 1996.- с. 141-142

55.Семенов В.И., Иванов В.П. Установка для очистки поршней от нагара //Грушовик &, 1996.- N 2, с. 22-23

56.V. Konstantinov, F. Panteleenko, V. Ivanov (Polotsk State Univesity, Belarus) Application of metal chip for arc deposition of corrosion and /EuroCorr'96 (September 24-26, Nice) s. 57

57. Константинов В.М., Пантелеенко Ф.И., Иванов В.П. Абразивная износостойкость покрытий из ДЛС-порошков //Трение и износ, 1996.- т. 17.- N 4.- с. 508-512



РЕЗЮМЕ

ИВАНОВ Владимир Петрович. Технологические основы подготовки ремонтного производства

Ключевые слова: ремонтное производство, технологическая подготовка, разборка, очистка, ремонтная заготовка, сборка, ресурсосбережение, ремонтно-технологическое оборудование, вспомогательное производство

Исследуются система средств технологического оснащения ремонтного завода и ремонтируемые объекты. Цель работы - уменьшение затрат на реконструкцию и создание различных участков ремонтного производства.

Выполнен анализ состояния ремонтного производства и выработана концепция его технологической подготовки, направленной на повышение технического уровня и эффективности материальной базы ремонтного производства.

Проведены комплексные теоретические и экспериментальные исследования свойств ремонтируемой продукции в результате воздействия на нее средств технологического оснащения ремонта. Выбраны и обоснованы оптимальные технические решения при создании и реконструкции различных участков ремонтного производства.

Разработана и апробирована система методов синтеза переналаживаемых технологических машин блочно-модульного строения, выполняющих необходимую совокупность воздействий на предмет труда, отличающаяся непрерывностью и взаимообусловленностью этапов проектирования, обоснованностью решений на разных системных уровнях с позиций затрат, производительности и занимаемой производственной площади. Предложена система исполнительных агрегатов технологических машин для ремонтного производства различной производительности.

Обоснованы структура и мощность вспомогательного производства, обеспечивающего подготовку основного производства к ремонту изделий необходимой номенклатуры с заданными показателями качества.

Результаты работы внедрены на Полоцком авторемонтном заводе, они применимы при реконструкции ремонтного производства Республики.

РЭЗЮМЭ

ІВАНОЎ Уладзімір Пятровіч. Тэхналагічныя асновы падрыхтоўкі рамонтнай вытворчасці

Ключавыя словы: рамонтная вытворчасць, тэхналагічная падрыхтоўка, разборка, ачыстка, рамонтная загатоўка, зборка, рэсурсазбераганне, рамонтна-тэхналагічнае абсталяванне, дапаможная вытворчасць

Даследуюцца сістэма сродкаў тэхналагічнага аснашчэння рамонтнага заводу і рамантуемыя аб'екты. Мэта працы - памяншэнне затрат на рэканструкцыю і стварэнне роўных участкаў рамонтнай вытворчасці.

Выкананы аналіз стану рамонтнай вытворчасці і выпрацавана канцэпцыя яе тэхналагічнай падрыхтоўкі, накіраванай на павышэнне тэхнічнага ўзроўню і эфектыўнасці матэрыяльнай базы рамонтнай вытворчасці.

Праведзены комплексныя тэарэтычныя і эксперыментальныя даследаванні ўласцівасцяў рамантуемай прадукцыі у выніку удзеяння на яе сродкаў тэхналагічнага аснашчэння рамонта. Выбраны і абгрунтаваны аптымальныя тэхнічныя рашэнні пры стварэнні і рэканструкцыі роўных участкаў рамонтнай вытворчасці.

Распрацавана і апрабавана сістэма метадаў сінтэза пераналаджваемых тэхналагічных машын блочна-модульнай будовы выконваючых неабходную сукупнасць удзеянняў на прадмет працы, якая адрозніваецца бесперапыннасцю і ўзаемаабумоўленасцю этапаў праектавання, абгрунтаванасцю рашэнняў на роўных сістэмных узроўнях з пазіцыі выдаткаў, прадукцыйнасці і займаемай вытворчай плошчы. Прапанавана сістэма выконваючых агрегатаў тэхналагічных машын для рамонтнай вытворчасці роўнай прадукцыйнасці.

Абгрунтаваны структура і магутнасць дапаможнай вытворчасці, забяспечваючай падрыхтоўку асноўнай вытворчасці да рамонтнага вырабаў неабходнай наменклатуры з дадзенымі паказчыкамі якасці.

Вынікі працы ўкаранены на Полацкім аўтарамонтным заводзе, які можа быць выкарыстаны пры рэканструкцыі рамонтнай вытворчасці Рэспублікі.

SUMMARY

Vladimir Petrovitsch IVANOV. The technological basis of the processes of preparation of repairing production

Key words: repairing production, technological preparation, disassembling, cleaning, repairing detail, assembling, economizing of resources, repairing-technological equipment, subsidiary

The subject of the research is the system of the means of the technological equipment of the repairing plant and the repairing objects. The purpose of the research is the decreasing of expenditures on reconstruction and creation of diverse sectors of repairing production.

The analysis of the repairing production has been accomplished and there has been worked out the conception of its technological preparation, which is aimed at advancement of the technical level and efficiency of the material basis.

Complex theoretical and experimental research of the characteristics of the production, which is being repaired in the result of the influence of the means of technological repairing equipment has been conducted. The optimal technical solutions while creating and reconstructing diverse sectors of repairing production has been chosen and grounded.

There has been worked out and approved the system of methods of synthesis of the readjusted technological machines of the block-modular type which carry out the necessary complex of influence on the object of labour. This system differs from others by its continuity and mutual conditionality of the solutions at different system levels at the position of expenditures, productivity and occupied industrial area. The system of executive aggregates of the technological machines for repairing production of diverse productivity has been offered.

The structure and power of the subsidiary production has been grounded. This structure provides the preparation of the basis production for the repair of goods of necessary nomenclature with wanted index of quality.

The results of this research have been implemented at Polotsk Autorepair Plant. They can be used at the reconstruction of the repairing production of Republic of Belarus.

Владимир Петрович ИВАНОВ
**ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПОДГОТОВКИ
РЕМОНТНОГО ПРОИЗВОДСТВА**

05.20.03 - Эксплуатация, восстановление и ремонт
сельскохозяйственной техники

А в т о р е ф е р а т

диссертации на соискание ученой степени
доктора технических наук

Подписано к печати 01.04.97. Формат 60 x 84 1/16. Печать офсетная.

Усл. печ. л. 2,0. Уч. изд. 1,85. Тираж 100. Заказ № 2194.

Отпечатано на полиграфическом предприятии

"Наследие Ф. Скорины"

211400, Полоцк, ул. Гагарина, 8.