

**В.П. ИВАНОВ, А.П. КАСТРЮК**

**ПОДГОТОВКА  
РЕМОНТНОГО ПРОИЗВОДСТВА**

**Новополоцк  
ПГУ  
2011**

УДК 658.58(035.3)

ББК 40.72

П44

Рекомендовано к изданию советом  
учреждения образования «Полоцкий государственный университет»  
в качестве монографии (протокол № 18 от 01.07.2011)

*Рецензенты:*

доктор технических наук, профессор,  
заведующий кафедрой ремонта автомобилей, тракторов  
и сельскохозяйственных машин УО «Белорусский государственный  
аграрный технический университет» В.С. ИВАШКО;  
кандидат технических наук, доцент,  
заместитель генерального директора Государственного производственного  
объединения по машиностроению «Белагромаш» А.Д. ЧЕЧЕТКИН

**Иванов, В.П.**

П44 Подготовка ремонтного производства / В.П. Иванов, А.П. Кастрюк. –  
Новополоцк : ПГУ, 2011. – 272 с.  
ISBN 978-985-418-725-9.

Показано содержание, место и значение подготовки ремонтного производства. Рассмотрены основные ее виды: маркетинговая, конструкторская, технологическая и организационная. Приведены современные методы синтеза как новых прогрессивных технологических процессов, так и системы средств технологического оснащения ремонтного завода с организацией внедрения их в производство. Достижение нормативного качества ремонтируемых машин и их частей обусловлено разработкой на предприятии системы качества и ее сертификацией. Впервые описана организационная подготовка производства. Показаны направления ресурсосбережения ремонтного производства и обеспечения его экологической безопасности.

Предназначена для специалистов ремонтно-обслуживающих предприятий и научных работников. Книга будет полезна аспирантам, магистрантам и студентам специальностей, связанных с ремонтом техники: «Техническая эксплуатация автомобилей», «Автосервис», «Технический сервис в агротехническом комплексе», «Механизация сельского хозяйства», «Оборудование и технологии высокoeffективных процессов обработки материалов» и др.

УДК 658.58(035.3)

ББК 40.72

ISBN 978-985-418-725-9

© Иванов В.П., Кастрюк А.П., 2011

© УО «Полоцкий государственный университет», 2011

## ВВЕДЕНИЕ

Парк транспортных средств, сельскохозяйственной техники, технологического оборудования и других машин в Республике Беларусь непрерывно растет. Долговечность машин ограничена, а их ресурс при использовании расходуется. Ремонт машин, содержание которого заключается в устранении неисправностей и восстановлении ресурса, объективно необходим. Технику ремонтируют и в странах СНГ, и в развитых странах дальнего зарубежья. Однако из-за непродуманной технической политики в области содержания парка машин в исправном состоянии производственная мощность ремонтного производства уменьшилась, его технический уровень снизился, а некоторые ремонтные предприятия прекратили своё существование. Ремонт машин переместились со специализированных заводов республиканского или областного подчинения в мастерские, а из них – на участки текущего ремонта предприятий, использующих машины. Материальная база ремонтных предприятий долгие годы, с времен распада Советского Союза, не обновлялась. Качество ремонта достигло критически низкого уровня.

Опыт передовых ремонтных заводов бывшего СССР (1-го Московского, Ивановского, Полоцкого, 1-го Киевского, Ивано-Франковского, Дарницкого, Горловского, Цесисского, Каунасского, Тартуского, 1-го Ташкентского и многих других), которые по техническому уровню не уступали заводам, изготавливающим технику, свидетельствует о том, что ремонт машин был прибыльным делом, обеспечивающим ресурс изделий, не уступающий наработке новых машин.

Любое ремонтное предприятие как производственная система должно непрерывно развиваться. Необходимость такого развития обусловлена стремлением получения наибольшей прибыли от продажи своей продукции за счет повышения ее конкурентоспособности и объемов производства. Конкурентоспособность продукции определяется сопоставлением показателей ее качества и цены с показателями продукции конкурентов на рынке. Качество продукции зависит от использования новых технологических процессов и обновления средств ремонта. Эффективность предприятия оценивают разницей между доходами от продажи товарной продукции и расходами, связанными с потреблением материалов, энергии и труда, а также с утилизацией отходов. При этом важную роль играет снижение расхода производственных ресурсов, вкладываемых в единицу продукции.

В своем создании и развитии предприятие проходит следующие стадии: новое строительство, расширение, реконструкцию и техническое перевооружение. Государственные возможности в части строительства и расширения пред-

приятый в настоящее время исчерпаны, а качественные изменения происходят преимущественно при их реконструкции и техническом перевооружении.

*Реконструкция действующего предприятия* состоит в изменении его структуры и увеличении производственной мощности за счет изменения числа и видов производственных участков и их размеров с изменением технологических процессов, видов и количества оборудования. Реконструкция дает более быстрые и дешевые результаты, чем новое строительство. Она позволяет изменить профиль предприятия и организовать выпуск новой продукции на существующих производственных площадях. Строительные работы при этом связаны только с изменением границ участков и изготовлением фундаментов оборудования. Реконструкция основного производства допускает также расширение подразделений вспомогательного и обслуживающего производства.

К *техническому перевооружению предприятия* относят мероприятия по повышению до современных требований технического уровня отдельных производственных участков путем замены оборудования с изменением технологических процессов и организации производства. Техническое перевооружение не предполагает изменения выпускаемой продукции, его ведут со строительными работами, связанными в основном с изготовлением фундаментов оборудования.

Реконструкция и техническое перевооружение предприятия обособлены и повышают его эффективность при соблюдении трех условий:

- рынок товаров позволит в течение длительного времени реализовывать выпускаемую продукцию;
- технические процессы, действующие на предприятии, после реконструкции и технического перевооружения гарантируют повышение качества продукции и технического уровня производства;
- основные фонды предприятия целесообразно использовать в дальнейшем, что подтверждено как технически, так и экономически.

Большое значение в развитии производства имеет его подготовка, части которой предшествуют основным стадиям жизненного цикла продукции и требуют на свое проведение минимальных затрат времени и средств. Эта подготовка необходима для выпуска продукции новых видов (постановки ее на производство), увеличения объемов производства, улучшения условий и повышения производительности труда, снижения себестоимости продукции, повышения ее качества и обеспечения требований к охране окружающей среды.

Цель исследования заключалась в повышении технического уровня и эффективности ремонтного производства, достижении нормативного качества товарной продукции за счет использования современных сведений об основных видах подготовки производства: маркетинговой, конструкторской, технологической и организационной.

# Глава 1

## ПОДГОТОВКА РЕМОНТНОГО ПРОИЗВОДСТВА, ЕЕ СОДЕРЖАНИЕ И ВИДЫ

### 1.1. РЕМОНТ МАШИН И ЕГО НЕОБХОДИМОСТЬ

#### 1.1.1. Определение и виды ремонта машин

*Ремонт* машин или их составных частей (согласно ГОСТ 18322-78) – это комплекс технологических операций по восстановлению их исправного или работоспособного состояния и ресурса.

В зависимости от степени восстановления ресурса машин и вида заменяемых частей ремонт разделяют на капитальный, средний и текущий. *Капитальный ремонт* возвращает машине исправное состояние и восстанавливает полностью или близкий к этому ее ресурс с заменой любых частей, включая агрегаты и базовые детали. *Средний ремонт* приводит машину в исправное состояние с частичным восстановлением ресурса и заменой составных частей ограниченной номенклатуры. *Текущий ремонт* машины служит для восстановления ее работоспособного состояния и состоит в замене или восстановлении ее неосновных деталей.

В свою очередь указанные виды ремонта по признаку планирования могут быть *плановыми* и *неплановыми*, а по регламентации выполнения – *регламентированными* и *по техническому состоянию*. Система плановых (профилактических) ремонтов, назначаемых через определенные сроки, действует, например, в авиации, исходя из высоких требований к безотказности. Эту систему применяют также для пожарных автомобилей, подвижного состава, перевозящего опасные грузы и работающего в экстремальных условиях. В большинстве случаев преимущественно действует система ремонтов по потребности (при возникновении отказа), называемая системой ремонтов по потребности. Получает развитие планово-диагностическая система ремонтов (с учетом технического состояния машины), основанная на измерении диагностических параметров машины, определении неисправностей и остаточного ресурса и принятии решения о сроках и объеме ремонтных работ.

*Метод ремонта* – это совокупность технологических и организационных правил выполнения операций ремонта.

Метод ремонта, выполняемого с принудительным перемещением машин или их частей с одного специализированного рабочего места на другое в определенной технологической последовательности через уста-

новленные отрезки времени, называют *поточным*. В противном случае ремонт является *тупиковым*.

Ремонт машин выполняют силами заводов-изготовителей, ремонтных заводов и мастерских, технических объединений-фирм и предприятий, использующих технику. Наиболее развита фирма «КамАЗ-автоцентр», которая образует производственную систему содержания автомобилей в исправном состоянии и имеет в своем составе 4 завода по ремонту агрегатов (двигателей, коробок передач, средних и задних мостов) и около 200 станций. Фирма выполняет техническое обслуживание и текущий ремонт автомобилей, а также капитальный и средний ремонт их агрегатов и систем. Головной завод по капитальному ремонту двигателей рассчитан на ремонт 100 тыс. двигателей в год, его технологическое оснащение не уступает лучшим зарубежным ремонтным заводам. Станции на договорной основе обеспечивают заводы ремонтным фондом и запасными частями.

По признаку принадлежности восстанавливаемых (ремонтируемых) составных частей к определенному экземпляру машины различают ее *обезличенный* или *необезличенный ремонт*. При *необезличенном* методе ремонта сохраняют принадлежность частей машины к определенному ее экземпляру, а при *обезличенном* – не сохраняют. Необезличенный метод ремонта машин становится востребованным при уменьшении объемов ремонта и увеличении их типов и видов. Необезличенный метод ремонта связан с маркированием составных частей машины, обеспечивает их прослеживаемость, повышает ответственность за качество ремонта и предусматривает оплату за действительно выполненный объем ремонтных работ.

Капитальный ремонт полнокомплектных машин, требующий их вывода из использования на длительный срок, в настоящее время ограничен. Это обусловлено тем, например, что рамы и кабины грузовых автомобилей и кузова легковых автомобилей обладают ресурсом, равным нормативной наработке автомобиля. Обезличенный метод ремонта, при котором неисправные агрегаты заменяют новыми или заранее отремонтированными, называют *агрегатным*. Агрегатный метод ремонта предусматривает замену неработоспособного агрегата на исправный при текущем ремонте машины в условиях эксплуатационного предприятия. Неработоспособные агрегаты пройдут капитальный ремонт на ремонтных предприятиях. Для грузовых автомобилей новых моделей МАЗ, КамАЗ, ЗИЛ предусмотрен капитальный ремонт только агрегатов.

В зависимости от разнообразия работ, выполняемых на отдельных рабочих местах, различают методы ремонта на *универсальных* и *специализированных* рабочих местах.

### 1.1.2. Необходимость ремонта

Целесообразность и необходимость ремонта машин обусловлены рядом обстоятельств:

1) ограниченные государственные запасы материалов и топлива в Беларуси не могут обеспечить достаточное воспроизводство парка машин силами машиностроительных заводов и наряду с их сохранением требуют развития ремонтного производства, позволяющего экономить материальные и трудовые ресурсы. Только за счет исключения металлургического процесса при восстановлении одной тонны стальных деталей экономят 180 кВт·ч электроэнергии, 0,8 т угля, 0,8 т известняка и 175 м<sup>3</sup> природного газа;

2) долговечность различных узлов и деталей машин неодинакова. Если машина спроектирована как устройство с равноресурсными элементами, то она не может реализовать это свойство в различных условиях эксплуатации. Составные части машины отказывают в разные моменты времени, поэтому потребность в ремонте может возникнуть в любое время ее использования. Диагностирование машин с последующим ремонтом обеспечивает нормативную безотказность машин в течение срока их службы;

3) ремонт машин позволяет использовать сохранившуюся потребительскую стоимость в виде остаточной долговечности их деталей. Досрочная утилизация машины приводит к потере ее неиспользованной стоимости;

4) ремонт, проводимый совместно с модернизацией, позволяет сблизить сроки физического и морального износа машин, тем самым повысить их технический уровень или приспособить к новым требованиям при использовании. Модернизация заключается в использовании более совершенных агрегатов или их частей, выпускаемых машиностроительными заводами, и проведении ряда мероприятий ремонтными предприятиями, например:

- замена карбюраторного двигателя дизелем для уменьшения эксплуатационных затрат;
- установка более совершенных агрегатов системы питания, смазки и электрооборудования для повышения экономичности и надежности;
- использование пятиступенчатой коробки передач вместо четырехступенчатой для повышения динамики легкового автомобиля;
- замена брезентового тента кузова легкового автомобиля высокой пластмассовой крышей для повышения комфортабельности;
- упрочнение быстроизнашивающихся деталей для уравнивания их наработки с наработкой других деталей;
- коррозионная защита элементов кузова для повышения его долговечности;

5) ремонт машин экономически целесообразен. Около четверти деталей ремонтного фонда не изношены или изношены в допустимых пределах и могут быть использованы повторно, а около половины деталей могут быть использованы после восстановления при его себестоимости 15...30 % от цены новых деталей. Восстановление деталей – ресурсосберегающий процесс и экономическая основа ремонтного производства.

## 1.2. СТРУКТУРА РЕМОНТНОГО ПРОИЗВОДСТВА

### 1.2.1. Ремонтное производство

*Ремонтное производство* представляет собой множество промышленных предприятий и самостоятельных производственных подразделений, которые ведут ремонт техники.

*Ремонтное предприятие* – это система производственных цехов, участков, лабораторий, отделов и других частей со зданиями и сооружениями, средствами технологического оснащения (СТО) и исполнителями, производственными ресурсами и технической документацией, способная выполнять один или несколько видов ремонта техники.

По территориальному признаку, производственным возможностям, объему и сложности выполняемых работ ремонтные предприятия или подразделения относят к одному из трех видов.

К первому виду относят *ремонтные подразделения организаций*, эксплуатирующих свою технику. Например, каждое машиностроительное предприятие имеет собственное производство для текущего и среднего ремонта своего технологического оборудования.

Производство второго вида – это *ремонтные мастерские общего назначения, станции технического обслуживания и ремонта*, специализированные по ремонту машин различных видов. Здесь выполняют средний ремонт техники.

Третий вид производства представляют *специализированные ремонтные заводы и производственные объединения*, предназначенные для наиболее сложного и трудоемкого капитального ремонта машин и их агрегатов. Это наиболее оснащенные ремонтные предприятия областного или республиканского подчинения.

Ремонтные предприятия специализированы по предметному признаку, они ремонтируют технику определенного вида и комплектности.



Специализированное ремонтное производство Республики Беларусь включает более чем 40 ремонтных заводов, по существу выполняющих вторичное производство машин на принципах полной или групповой взаимозаменяемости составных частей. Ремонтные заводы принадлежат министерствам промышленности, транспорта и коммуникаций, сельского хозяйства и продовольствия, обороны и другим ведомствам. Больше всего заводов находится в составе первых двух министерств. *Основная задача* ремонтного производства заключается в обеспечении экономически эффективного восстановления надежности машин в результате наиболее полного использования остаточной долговечности деталей [58].

### 1.2.2. Состав ремонтного предприятия

Производственная *структура* предприятия – это состав его цехов (участков) и служб с указанием связей между ними. Эта структура зависит от численности работающих, стоимости производственных фондов, видов, сложности и объемов выпускаемой продукции.

Для выполнения своих функций ремонтное предприятие имеет в своем составе основное, вспомогательное и обслуживающее производства и заводоуправление.

**Основное производство** – это множество производственных цехов или участков, функции которых непосредственно связаны с выпуском товарной продукции. Основным производством руководит директор завода. В основном производстве любого предприятия выделяют заготовительные, обрабатывающие и сборочные цехи или участки. Тип основного производства зависит от видов, регулярности выпуска и объема выпускаемой продукции и определяется значением коэффициента закрепления операций ( $K_{zo}$ ) за рабочими местами:

$$K_{zo} = O/p, \quad (1.1)$$

где  $O$  и  $p$  – число различных операций, выполняемых в течение месяца, и рабочих мест на производстве соответственно.

Различают такие типы производства, как единичное, серийное и массовое. В единичном производстве  $K_{zo} > 40$ ; мелкосерийном  $40 > K_{zo} > 20$ ; серийном  $20 > K_{zo} > 10$ ; крупносерийном  $10 > K_{zo} > 1$ . В массовом производстве за каждым рабочим местом закреплена одна операция ( $K_{zo} = 1$ ).

Применяют *цеховую, участковую и комбинированную* структуры основного производства.

Цеховую структуру применяют на крупных ремонтных предприятиях с численностью работающих свыше 500 человек. Предприятие в зависимости от его специализации и кооперации с другими заводами состоит из 3...5 хозрасчетных цехов с численностью работающих в каждом цехе 125...300 человек. Организуют такие цеха:

- заготовительный с участками механическим, кузнечным и штамповочным;

- разборочный с участками диагностирования, разборки и очистки машин и их частей (с отделением приготовления и очистки растворов), определения повреждений и сортировки деталей (со складом накопления);

- индустриального восстановления деталей с участками сварочно-наплавочным, нанесения газотермических покрытий, гальваническим, медницким, механическим (с отделениями приготовления смазочно-охлаждающей жидкости (СОЖ) и переработки стружки), термическим, переработки резины и пластмасс;

- сборочный с участками ремонта электрооборудования, пневмо- и гидроаппаратуры, топливных систем, шин, комплектовочным, сборочным, окрасочным и нанесения противокоррозионных покрытий;

- обкаточно-испытательный с участками обкатки, досборки и устранения дефектов.

В структуре управления цехом имеются начальник цеха, начальники смен, старшие мастера, мастера и бригадиры.

Средне- и маломощные заводы с числом работающих менее 500 человек имеют в своем составе участки, которые возглавляются старшими мастерами.

*Производственный участок* – это структурная составляющая предприятия или цеха, которая состоит из отдельных рабочих мест и предназначена для выполнения одного технологического процесса или комплекса работ по ремонту отдельных агрегатов.

В первом случае производственный участок организован по технологическому признаку.

Во втором – по предметному.

Технологическая специализация участков более прогрессивная, чем предметная.

Основное производство по предметно-технологическому признаку делится на ряд участков, которые выполняют определенные функции (табл. 1.1).

Таблица 1.1

## Состав участков ремонтного предприятия и их функции

Участки	Выполняемые работы
1	2
<i>Основное производство</i>	
Предремонтного диагностирования	Диагностирование агрегатов
Разборочно-очистной	Наружная очистка машин, разборка их на агрегаты, разборка, очистка разобранных агрегатов, разборка агрегатов на сборочные единицы, очистка и разборка сборочных единиц, очистка деталей
Сортировки деталей	Определение технического состояния и группирование деталей
Восстановления деталей	Сварочные, наплавочные, нанесение электрохимических покрытий, напыление материалов, переработка резины и пластмасс, обработка резанием, прессовые, слесарные, кузнечные, термические
Медный	Ремонт водяных и масляных радиаторов, топливных баков, масляных фильтров, трубопроводов, упорных шайб, втулок и др.
Термический	Термическая и химико-термическая обработка заготовок
Деревообрабатывающий	Изготовление деревянных заготовок, упаковочной тары, ремонт спинок и сидений
Шиноремонтный	Ремонт камер, устранение местных повреждений шин
Ремонта электрооборудования	Проверка и ремонт электрических двигателей, генераторов и реле-регуляторов, ремонт фар, электропроводки, приборов (в том числе электронных), ремонт и зарядка аккумуляторных батарей
Ремонта топливной аппаратуры	Ремонт подкачивающих топливных насосов, карбюраторов, инжекторов, топливных насосов высокого давления и форсунок
Слесарно-механический	Подбор деталей и подгонка сопрягаемых поверхностей, работы на металлорежущем и прессовом оборудовании, изготовление деталей
Ремонта агрегатов	Работы по ремонту отдельных агрегатов
Комплектовочно-сборочный	Накопление деталей, образование и хранение сборочных комплектов деталей, узловая и общая сборка агрегатов и машин
Окрасочный	Подготовка поверхностей, нанесение и сушка лакокрасочных покрытий, нанесение противокоррозионных покрытий
Обкаточно-испытательный	Заправка топливом и маслом, обкатка, испытания, послеремонтное диагностирование, устранение неисправностей, консервация и слача агрегатов и машин

1	2
	<i>Вспомогательное производство</i>
Отдел главного механика	Планово-предупредительный ремонт технологического и подъемно-транспортного оборудования
Инструментальный участок	Изготовление оборудования, приспособлений и инструмента, ремонт приспособлений, содержание и заточка инструмента
Отдел главного энергетика	Ремонт и обслуживание силового, осветительного, теплотехнического и вентиляционного оборудования, содержание инженерных сетей, эксплуатация компрессорной и котельной
Ремонтно-строительный	Содержание в исправном состоянии зданий и сооружений, изготовление деревянной литейной оснастки
	<i>Обслуживающее производство</i>
Склад ремонтного фонда	Приемка и хранение ремонтного фонда
Склад материально-технического обеспечения	Расконсервация и входной контроль деталей, учет и хранение запасных частей, материалов, металла, химикатов, баллонов со сжатым и сжиженным газом, карбида кальция и др., выдача в цех
Склад готовой продукции	Хранение и выдача готовой продукции
Транспортный	Эксплуатация межцехового транспорта

*Предремонтное диагностирование* ремонтируемых объектов состоит в определении их технического состояния (вида неисправностей), выявлении причин неисправностей и определении объема работ по их устранению. При этом определяют остаточный ресурс изделий и назначают метод ремонта. Этот вид диагностирования развивается с внедрением необезличенного ремонта, одна из задач которого заключается в выполнении с минимальной трудоемкостью самого необходимого объема ремонтных работ и сохранение прежних связей и взаимного расположения деталей между собой.

На *разборочно-очистном участке* вначале с машины снимают сидения, приборы электрооборудования и питания, которые направляют на специализированные участки их ремонта. Затем очистные и разборочные операции, сменяя друг друга, превращают машину во множество деталей, которые подлежат сортировке на три группы: годные, требующие восстановления и негодные.

*Сортировочные работы* выполняют на участке определения технического состояния деталей. Сортировке подлежат все детали разобранной машины, рассмотренные соответствующим руководством по ее капитальному ремонту. Годные к использованию детали без дальнейшей доработки направляют на комплекточный участок. Детали, которые имеют устранимые повреждения и подлежат восстановлению, являются исходными за-

готовками. Из них составляют группы с одинаковыми сочетаниями повреждений и в виде партий направляют на соответствующие участки восстановления. Детали, имеющие неисправимые повреждения, признают утильными и направляют на участок переработки металлолома.

*Восстановление деталей* – основной источник эффективности ремонтного производства и его основа. На участках восстановления удаляют поврежденные части исходных заготовок, закрепляют дополнительные ремонтные детали (ДРД), наносят восстановительные покрытия наплавкой и напылением, ведут механическую и термическую обработку заготовок для получения необходимых форм, размеров, расположения, шероховатости поверхностей и физико-механических свойств материала и балансируют детали. Гальванические и полимерные покрытия в силу специфики процессов наносят на отдельных участках.

*Комплектовочно-сборочный участок* служит для образования сборочных комплектов деталей (с учетом номенклатуры, ремонтных и групповых размеров и массы), из которых будут собраны отдельные агрегаты, узловой сборки, балансировки сборочных единиц и общей сборки. При узловой и общей сборке агрегатов обеспечивают нормативную точность замыкающих размеров за счет включения в сборочный комплект деталей с необходимыми составляющими размерами.

На *участке окрашивания* наносят на поверхности машин грунты, шпатлевки, эмали и противокоррозионные покрытия. Процесс нанесения декоративных покрытий обычно связан с высокотемпературной сушкой.

Обкатка собранных агрегатов готовит их к будущему использованию. Основное содержание *обкатки* – это самоорганизующаяся приработка трущихся соединений, которая изменяет шероховатость их поверхностей и физико-механические свойства поверхностных слоев материала в начальный период трения, что приводит к уменьшению силы трения, температуры и интенсивности изнашивания при постоянных внешних условиях.

Выше описаны технологические процессы производственных участков, специализированных по технологическому признаку. Однако ряд частей машин (узлы и приборы систем питания, электрооборудования, гидравлических систем, рамы, радиаторы, сидения и др.) с разборочного участка направляют для ремонта на производственные участки, специализированные по предметному признаку. Эти изделия после ремонта поступают на участок общей сборки машины.

**Вспомогательное производство** ремонтного завода (в развитие ГОСТ 14.004-83) служит для изготовления СТО, необходимых в основном производстве, приобретение которых невозможно или нецелесообразно,

для содержания в исправном состоянии оборудования и оснастки, зданий и энергосистем, а также для обеспечения основного производства некоторыми ресурсами (теплом, холодом, водой, сжатым воздухом, чистым воздухом, газами, электроэнергией и др.).

Службы вспомогательного производства – это инструментальный участок (ИУ), который изготавливает СТО для основного производства; отделы главного механика (ОГМ) и главного энергетика (ОГЭ); ремонтно-строительный участок (РСУ) (см. табл. 1.1). Вспомогательным производством руководит главный инженер.

*Обслуживающее производство* обеспечивает основное и вспомогательное производства материалами, полуфабрикатами и услугами для их функционирования. В его составе имеются отдел материально-технического обеспечения, складское хозяйство, транспортный цех и сбыт (см. табл. 1.1). Обслуживающим производством руководит заместитель директора.

*Заводоуправление* состоит из администрации, отделов и лабораторий. Состав и функции заводоуправления зависят от мощности и специализации предприятия.

Заводские отделы:

- отделы маркетинга;
- производственно-диспетчерский (ПДО);
- главного технолога (ОГТ) и главного конструктора (ОГК) (может быть объединенный из двух последних – технический отдел);
- технического контроля (ОТК);
- материально-технического снабжения (ОМТС);
- финансово-сбытовой (ФСО);
- плано-экономический (ПЭО);
- труда и заработной платы (ОТиЗ);
- кадров (ОК).

Основные функции заводских лабораторий – химический и металлографический анализ материалов, ремонт и поверка средств измерений, сбор данных о надежности проданной техники и др.

### 1.3. ВИДЫ И ОСОБЕННОСТИ ПОДГОТОВКИ РЕМОНТНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Методы подготовки ремонтного производства развивались на основе соответствующих законов машиностроительного производства, однако в силу ряда особенностей как самих производств, так и подготовки каждого производства требуют самостоятельного изучения и совершенствования.

### 1.3.1. Виды подготовки ремонтного производства

Совокупность взаимосвязанных процессов последовательного изменения состояния продукции от формирования исходных требований к ней до окончания ее эксплуатации является ее *жизненным циклом* (петлей качества по ISO 9004). В общем случае жизненный цикл продукции включает определение ее вида для постановки на производство и объемов выпуска, проектирование, изготовление, эксплуатацию (использование по назначению, техническое обслуживание и ремонт) и утилизацию. Применительно к машинам этот цикл состоит из таких стадий (рис. 1.1):

- изучение рынка и поиск места для своей продукции на этом рынке 1;
- составление технических требований к разрабатываемой машине 2;
- проектирование машины 3;
- разработка технологических процессов и СТО 4;
- материально-техническое обеспечение 5;
- производство (изготовление, контроль, испытание) 6;
- хранение 7;
- продажа 8;
- использование по назначению 9;
- техническое обслуживание, текущий и средний ремонт 10;
- капитальный ремонт 11;
- утилизация после использования 12.

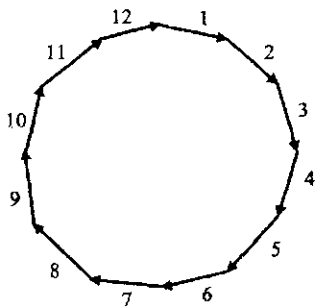


Рис. 1.1. Схема жизненного цикла машины

Стадии жизненного цикла 1...8 закреплены за предприятиями, изготавливающими машины (машиностроительными предприятиями); все остальные (кроме капитального ремонта) – за предприятиями, использую-

щими машины; стадия II в деле выполнения сложного трудоемкого ремонта – за ремонтными предприятиями.

Наиболее важная часть жизненного цикла машины – это ее использование по назначению (потребление).

В национальном хозяйстве Республики Беларусь используются десятки тысяч машин, поэтому потребность в их ремонте велика.

*Подготовка производства* – составная часть постановки продукции на производство, содержащая мероприятия по разработке и испытанию изделия, разработке и обеспечению технологического процесса его изготовления или ремонта в заданном объеме выпуска.

Подготовка производства начинается на стадии разработки продукции, она предшествует самому производству. Виды подготовки производства соответствуют стадиям жизненного цикла продукции. Различают подготовку: научную, маркетинговую, конструкторскую, технологическую, организационную, финансовую, снабженческую и сбытовую.

Научная подготовка предшествует подготовке остальных видов.

Конструкторская и технологическая подготовка образуют техническую подготовку. Наибольшее влияние на технический уровень продукции оказывает конструкторская подготовка, на качество продукции – технологическая, а на расход производственных ресурсов – организационная. Все вместе они формируют эффективность производства.

Цели подготовки производства сводятся к освоению производства нового вида продукции (постановки ее на производство) или увеличению производственной мощности предприятия или его частей, повышению качества продукции или снижению расхода производственных ресурсов, улучшению условий труда или охране окружающей среды.

При подготовке производства используют:

- государственные системы стандартов разработки и постановки продукции на производство (СРПП);
- единую систему технологической подготовки производства (ЕСТПП);
- единую систему технологической документации (ЕСТД);
- единую систему конструкторской документации (ЕСКД);
- единую систему классификации и кодирования (ЕСКК);
- государственную систему обеспечения единства измерений (ГСИ);
- систему государственных испытаний продукции (СГИП);
- систему стандартов безопасности труда (ССБТ);
- систему стандартизации эргономических требований (ССЭТ).



### 1.3.2. Отличительные признаки подготовки ремонтного производства

Отличие ремонтного и машиностроительного производств друг от друга определяют особенности подготовки ремонтного производства. Выяснение общих и отличительных признаков ремонтного производства и машиностроения необходимо для заимствования средств оснащения, технологий и организационных форм и определения специфичных путей развития ремонтного производства. Ремонтное производство отличают по сути от машиностроения исходные заготовки и объемы производства (табл. 1.2).

Таблица 1.2

Сопоставление основных признаков предприятий  
по изготовлению машин и их ремонту

Признаки	Производство машин	Ремонт машин
Цель	Создание парка машин (первичное производство)	Устранение неисправностей и восстановление ресурса парка машин (вторичное производство)
Исходный предмет труда	Материалы, полуфабрикаты	Ремонтный фонд машин
Источник заготовок	Заготовительные производства: литейное, кузнечное, штамповочное	Разборочно-очистной участок
Число состояний отдельных заготовок	Одно	Больше одного
Производственный участок по определению технологических маршрутов изготовления или восстановления деталей	Отсутствует	Участок сортировки деталей
Способ создания припуска на обработку	Формой заготовки	Нанесением покрытий, перемещением материала, использованием поверхностного слоя детали
Объемы и тип производства	Десятки тысяч единиц, массовое	Тысячи единиц, серийное
Преобладающие виды оборудования	Специальное, специализированное	Специализированное, универсальное
Детали для сборки машин	После изготовления	Годные после разборки, восстановленные, изготовленные, приобретенные

Исходные заготовки ремонта получают из его ремонтного фонда машин, состоящего из загрязненных и изношенных деталей. Одноименные элементы деталей имеют допустимые или предельные износы и другие повреждения, что обуславливает различную остаточную долговечность деталей. Объемы продукции, выпускаемой отдельным машиностроительным заводом, на порядок большие, чем объемы отдельного завода по ремонту соответствующей продукции.

Ремонт машин характеризуют:

- наличие процессов разборки машин и агрегатов и их очистки;
- многовариантное состояние исходных заготовок;
- необходимость определения технического состояния деталей ремонтного фонда;
- восстановление изношенных деталей;
- сборка агрегатов в значительной мере из уже работавших деталей (восстановленных и годных без ремонта), которые по отдельным параметрам отличаются от новых.

Большое количество состояний деталей ремонтного фонда требует группирования деталей с подобными сочетаниями повреждений, формирования партий деталей с такими сочетаниями, запуск изношенных деталей на восстановление партиями. Для сравнения, детали новых машин изготавливают из материальных полуфабрикатов, обладающих технологической определенностью.

В ряде случаев исходные заготовки ремонтного производства не имеют припусков на обработку не только под номинальные, но и под ремонтные размеры, что приводит к необходимости создания ремонтных заготовок с припусками на изношенных поверхностях. Эти припуски необходимы для восстановления шероховатости, размеров, формы, расположения и физико-механических свойств поверхностей деталей путем их механической и термической обработки, которая отличается от обработки при изготовлении деталей из отливок, проката или поковок.

Ремонтируемые изделия собирают из деталей различного технического состояния. В сборочные комплекты входят детали: имеющие допустимые износы (без восстановления), восстановленные и новые (запасные части).

Большое количество ремонтных предприятий по сравнению с машиностроительными предприятиями и их ведомственная разобщенность объясняют низкую оснащенность операций ремонта, как по количеству, так и по техническому уровню оборудования. Количество видов разнообразных

процессов и СТО в ремонтном производстве в 2...3 раза меньше, чем в машиностроении. Распространенное оборудование в ремонтном производстве – универсальное, специализированное и специальное собственного изготовления. Специальное металлорежущее оборудование здесь исчисляется единицами. Специализированное оборудование ремонтного производства получается путем заводской модернизации универсальных металлорежущих станков.

Таким образом, отличие технологической подготовки ремонтного производства от таковой в машиностроении обуславливают следующие причины:

- отсутствие в технологической подготовке ремонтного производства отработки изделия на технологичность, потому что в качестве чертежей изделий применяют разработки машиностроительного производства без права изменения конструкции заготовки;
- необходимость пред- и послеремонтного диагностирования, необходимого для неразрушающего и безразборного определения неисправностей и ресурса соединений и агрегатов;
- наличие специализированных производств, которым нет аналогов в машиностроении (разборки, очистки, определения технического состояния ремонтного фонда, создания ремонтных заготовок, комплектования деталей различных категорий перед сборкой машин);
- наличие технологических процессов, присущих только ремонтному производству: отделения эксплуатационных загрязнений от поверхностей деталей ремонтного фонда; разборки агрегатов после их длительной эксплуатации; нанесения восстановительных покрытий; восстановления жесткости, усталостной прочности, сплошности стенок деталей и герметичности их стыков;
- большое количество состояний исходных и ремонтных заготовок;
- большая потребность в создании переналаживаемых СТО и необходимость изготовления большого количества оснастки на универсальное оборудование.

*Предмет технологической и организационной подготовки* представляют методы, модели и зависимости процессов предпроизводственной деятельности по реконструкции или техническому перевооружению ремонтного производства, способного с заданной производительностью, установленными показателями качества и высокой эффективностью производить ремонт техники.

### 1.3.3. Модель отношений объектов подготовки производства

Критерий оптимизации при разработке средств и процессов ремонта, а также организационных документов выбирают с учетом системного анализа взаимодействующих объектов, их функций и ресурсов.

В процессе ремонта изделия участвуют три материальных объекта (рис. 1.2): I – исполнитель, II – СТО, III – предмет ремонта. Эти объекты находятся в связях и отношениях между собой и с производственной средой. Функция системы заключается в переработке одного из ее элементов – предмета ремонта.

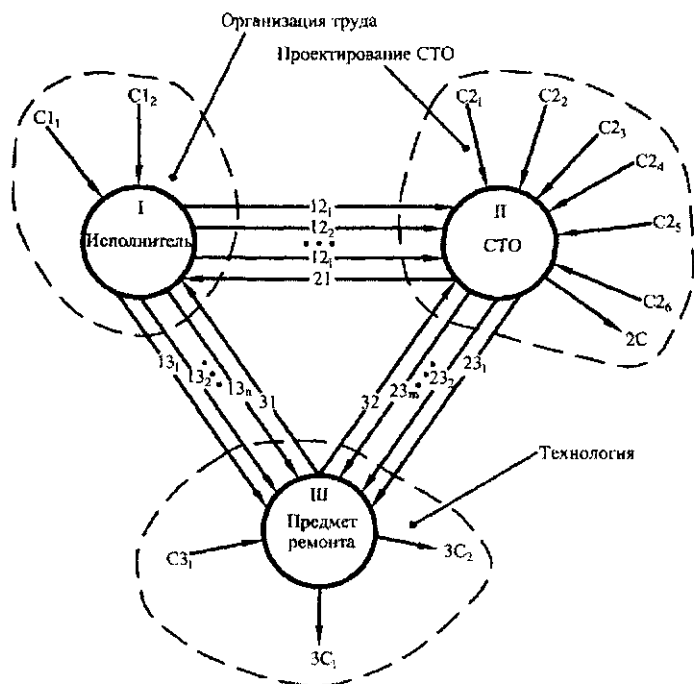


Рис. 1.2. Система элементов «исполнитель – СТО – предмет ремонта» во взаимодействии

Производственная среда (элементы производственного помещения, запасы ресурсов и др.) является внешней средой, с которой элементы рассматриваемой системы взаимодействуют посредством внешних связей –

входов и выходов (ресурсных коммуникаций). По внешним связям система получает ресурсы для своего действия и сам предмет труда в виде ремонтного фонда, который после переработки возвращается во внешнюю среду в виде товарной продукции с отходами.

Совершенство системы (элементов и связей между ними) определяется затратами ресурсов, поступающими из внешней среды и отнесенными к количеству товарной продукции. Ресурсы, потребляемые системой, делятся на материально-сырьевые, топливно-энергетические и трудовые.

Внешние связи «среда – исполнитель» соответствуют затратам  $C_1$  на обучение и подготовку рабочих необходимой квалификации (единовременные затраты) и на заработную плату  $C_2$  (текущие затраты).

Внешние связи «среда – средства ремонта» определяют вклад среды в оборудование и оснастку для их функционирования. Связь  $C_2_1$  определяет единовременные начальные капиталовложения в средства ремонта;  $C_2_2$  – затраты на материалы (металлы, технологические газы, жидкости и др.), которые вводятся в предмет труда или которыми воздействуют на него. Эти материалы перерабатываются средствами ремонта или дозируются ими перед технологическими воздействиями. В  $C_2_2$  также входят затраты на материалы для функционирования средств ремонта (масла, смазки, газы и др.). Связь  $C_2_3$  выражает затраты на электроэнергию, на подвод пара или горячей воды, как носителей тепловой энергии, и на подачу сжатого воздуха, как носителя потенциальной энергии давления;  $C_2_4$  определяет мероприятия как по содержанию средств ремонта в исправном состоянии, так и по восстановлению их ресурса в результате проведения среднего или капитального ремонта. Связь  $C_2_5$  определяет затраты на амортизацию средств ремонта, а связь  $C_2_6$  – затраты, необходимые для создания комфортных условий труда на рабочем месте. Затраты на ликвидацию отходов от функционирования средств ремонта выражает связь  $2C$ .

Предмет ремонта поступает на переработку в виде ремонтного фонда  $3C_1$  и выходит в виде товарной продукции  $3C_2$  с отходами  $3C_2$ . По количеству элементов система имеет три вида внутренних связей, определяющих парные взаимодействия элементов между собой. Выделим эти взаимодействия:

- связи  $13_1, 13_2, \dots, 13_k$  выражают ручные воздействия исполнителя на предмет ремонта как технологические, так и контрольные;
- обратная связь  $31$  – информационный сигнал о состоянии предмета ремонта;
- связи  $12_1, 12_2, \dots, 12_1$  и  $21$  выражают управляющее воздействие исполнителя на средства ремонта.

В ручном производстве имеются связи  $13_1, 13_2, \dots, 13_k$  и  $31$  между исполнителем и предметом труда; в механизированном к ним добавляются связи  $23_1, 23_2, \dots, 23_m$  и  $32$  между СТО и предметом труда; в автоматическом имеются только последние связи.

Следует подчеркнуть, что категории воздействий (процесс, операция, переход и др.) – это не материальные объекты, а функции средств ремонта и исполнителей. В представленной модели разработка операций выражена описанием следующих друг за другом состояний предмета труда от ремонтного фонда ( $СЗ_1$ ) до отремонтированного изделия ( $ЗС_1$ ). В описании технологического процесса участвуют связи  $13_1, 13_2, \dots, 13_k$  и  $23_1, 23_2, \dots, 23_m$ , которые выражают совокупность технологических воздействий исполнителя и средств ремонта на предмет труда посредством инструментов. Обратная связь  $32$  – это сигнал средства активного контроля от предмета труда на управляющее устройство оборудованием.

Описание элемента II как целого, так и его составляющих во взаимодействии между собой и с предметом ремонта – это результат решения конструкторской задачи по разработке средств ремонта.

Описание и оптимизация действий исполнителя – это решение организационной задачи.

Системный подход связывает между собой разработку средств и процессов ремонта и организацию труда.

Критерий функционирования системы – это соотношение расхода ресурсов, поступающих из внешней среды и выходящих из системы.

Если внешние связи выразить в стоимостном выражении, то оценочным критерием  $Q$  системы «исполнитель – средства ремонта – предмет ремонта» может служить разница между значениями ресурсов, перемещающихся от входов к выходам системы:

$$Q = Ц + (-)O - K_o E_{но} - K_z E_{nz} - M - Э - P - A - З_{ро} - З_{рт}, \quad (1.2)$$

где  $Ц$  и  $O$  – цена товарной продукции и отходов соответственно;  $K_o$  и  $K_z$  – капиталовложения в средства ремонта и здания;  $E_{но}$  и  $E_{nz}$  – коэффициенты эффективности капиталовложений в средства ремонта и здания;  $M$  и  $Э$  – затраты на материалы и энергию соответственно;  $P$  – затраты на обслуживание и ремонт СТО;  $A$  – затраты на амортизацию;  $З_{ро}$  и  $З_{рт}$  – единовременные и текущие затраты на рабочего.

Таким образом, оценочный критерий комплекса работ по подготовке ремонтного производства – затраты на создание производственного участка установленной производственной мощности, создаваемого для выполнения необходимой совокупности технологических воздействий на предмет ремонта. Затраты относят к году эксплуатации участка. Сюда входят: как затраты овеществленного и живого труда, предшествующие вводу в эксплуатацию, так и затраты, связанные с его эксплуатацией. Затраты выражают во временном, трудовом, материальном, энергетическом и финансовом исчислении.

#### 1.4. ОБЗОР РАБОТ ПО ПОДГОТОВКЕ РЕМОНТНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Основополагающие труды по подготовке ремонтного производства принадлежат И.С. Левитскому, С.С. Черепанову, А.Ф. Дергачеву, Ю.А. Конкину и А.Д. Горячеву.

Левитский И.С. [62] отмечал, что подготовка производства сводится к разработке оснастки, составлению или пересмотру технических условий на приемку машин в ремонт, на контроль и сортировку их деталей после разборки машин, на восстановление, контроль и испытание этих деталей и на отремонтированные машины. Однако такое определение сужает задачи подготовки производства, не учитывает экономические и организационные аспекты.

Черепанов С.С. [92] определил подготовку производства как совокупность исследовательских и инженерных работ по созданию ремонтных чертежей, проектированию и внедрению прогрессивных технологических процессов, оборудования и оснастки. Отмечено, что подготовка производства обеспечивает повышение его технического уровня, качества продукции и производительности труда, а также экономию денежных средств и материальных ресурсов.

Дергачев А.Ф. [26] указывал, что подготовка производства есть часть организации всего производственного процесса, влияющего на использование основных фондов, производительность труда, расход материальных ресурсов и как следствие – на себестоимость продукции. Она обеспечивает планомерное совершенствование процессов ремонта машин в целях обеспечения их качества до уровня нового изделия. Подготовка производства включает конструкторскую, технологическую и экономическую части.

Однако следует отметить, что основная часть подготовки производства предшествует процессу ремонта машин, а не протекает вместе с ним.

Конкин Ю.А. [53 – 55] считает, что подготовка производства как подсистема самого производства нуждается в научном обосновании. Она оказывает определяющее влияние на развитие ремонтного производства, его техническое и организационное совершенство.

Горячев А.Д. [21] выделил элементы, связи и отношения технической подготовки производства на основе анализа системных принципов. В качестве основного элемента выделена наиболее трудоемкая ее часть – технологическая подготовка с проблемой разработки и изготовления СТО. Отмечено, что трудоемкость их изготовления во вспомогательном производстве ремонтного завода в 2...10 раз выше, чем на специализированном заводе, а подготовка производства на основе стандартизации повышает производительность изготовления средств ремонта на 30...38 % при сокращении сроков в 1,5...2,5 раза. Выявлен дополнительный системный эффект взаимодействия частей подготовки производства.

Академик В.И. Черноиванов [93] отмечал, что имеет место негативная тенденция к пересмотру основ технической политики ремонтно-обслуживающего производства. Это выражается в отрицании индустриальной системы технического обслуживания и ремонта машин и дискредитации ее научного обоснования.

Развитие вопросов подготовки ремонтного производства нашло развитие в трудах других авторов.

Малышев Г.А. [64] использовал содержание стандартов ЕСКД, ЕСТД и ЕСТП и определил систему подготовки производства, как состоящую из пяти подсистем. К трем традиционным частям (технологической, экономической и организационной) он добавил психологическую и социологическую части.

Исследователи В.П. Крюков и Н.И. Федин [56] учли вероятностный характер возникновения повреждений на деталях и такой же характер поступления ремонтного фонда машин на завод и на рабочие места, ввели понятие неопределенности в ряд элементов подготовки производства и выделили ее подсистемы: производственную, организационную, функциональную, информационную и техническую, а также определили наиболее существенные и определяющие связи. Однако неравномерное поступление ремонтного фонда на предприятие не влияет на такт производства, потому



что склад ремонтного фонда имеет большую емкость, а деление подготовки производства на ее виды выполнено с нарушением логических правил деления понятий.

Методические основы технологической подготовки производства по восстановлению изношенных деталей на основе классификации деталей, поверхностей и дефектов, способов восстановления и классификации СТО привел Н.В. Молодык [73; 74]. Отмечено, что технологическая документация должна базироваться на типовых технологических процессах и на нормативной базе долговременного применения. Предложена подсистема автоматизированного обоснования состава и способов восстановления деталей, обоснована необходимость автоматизации разработки технологических процессов. Однако уровень внедрения результатов работы невысок. В результате сопоставления затрат и времени на технологическую подготовку по восстановлению деталей, наиболее выгодным является вариант централизованной подготовки в масштабах ремонтной отрасли. В этом случае создается банк данных и, по данным ВНИИВИД (Глеваха, Украина), количество разрабатываемых типов технологических процессов сокращается в 100 раз, существенно уменьшается объем нормативной документации и СТО, а основные наиболее трудоемкие работы выполняются с применением ПЭВМ.

Полупанов Ф.П. [79] при разработке научных основ технологической подготовки многономенклатурного производства по восстановлению деталей вводит основной методический принцип – использование ограниченного количества типовых технологических процессов восстановления типовых поверхностей деталей неограниченного количества типов изделий. В его работе большей частью рассматриваются организационные аспекты производства и предусмотрено выполнение технологических воздействий на универсальном оборудовании, что в ряде случаев (при обработке точных деталей) неверно.

Сабеев К.Г. [85] предлагает единый подход к выбору способов и СТО для всех ремонтных предприятий. В основу этого подхода положено внедрение прогрессивных технологий, однако исследования проведены только на способах и средствах для газопорошковой наплавки.

Беляев Н.М. [14] утверждает, что внедрение новейшего оборудования высвободит в ремонтном производстве до 25 % рабочих и снизит на 21 % затраты.

Вопросам систематизации технологического оборудования посвящены труды У.П. Маргвелидзе [65] и других исследователей. За небольшим исключением рекомендуются специальные непереналаживаемые машины единичного изготовления, многие из которых полностью или частично дублируют друг друга, выполняя отдельные технологические операции, поэтому выбор из них оборудования отдельных участков ремонтного производства не обеспечивает минимальные затраты на изготовление и эксплуатацию этого оборудования.

Перспективным проблемам автоматизации производства и его технологической подготовки посвящено множество исследований [2; 15; 20; 70; 84; 91 и др.]. Вопросы унификации СТО рассмотрены в работах [4; 5; 12], а применение вычислительной техники и соответствующих программ – в трудах [61; 63; 68; 77; 97; 103; 104; 106 и др.].

Однако исследователи недооценивали 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 ремонтного производства касается, главным образом, обоснования способов восстановления изношенных деталей и его организационных основ, что является частью проблемы совершенствования ремонтной отрасли. Уровень изученности поставленных задач значительно уступает уровню исследования других вопросов ремонтного производства.

## Глава 2

# ВЛИЯНИЕ ПОДГОТОВКИ НА РЕЗУЛЬТАТЫ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ

### 2.1. ВЛИЯНИЕ ПОДГОТОВКИ НА КАЧЕСТВО РЕМОНТА ТЕХНИКИ

#### 2.1.1. Анализ качества ремонта техники

Анализ качества ремонта техники проводился на примере изучения послеремонтной наработки отремонтированных автомобильных двигателей, их отказов и дефектов.

Учитывалась фактическая послеремонтная наработка трех групп автомобильных двигателей, которые прошли капитальный ремонт на Полоцком заводе «Проммашремонт». Двигатели исчерпали свой ресурс на автомобилях, эксплуатирующихся преимущественно на дорогах третьей категории. В первую группу вошли 28 двигателей ЗМЗ-53, во вторую – 30 двигателей ЗМЗ-24 и в третью – 30 двигателей УМЗ-451М.

Гамма-процентная наработка двигателей показана на рисунке 2.1.

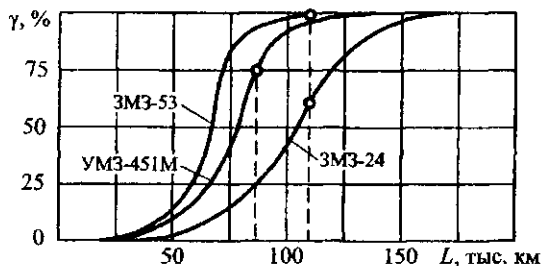


Рис. 2.1. Доля отремонтированных двигателей  $\gamma$ , отказавших при достижении наработки  $L$

*Примечание.* Отметки в виде кружков на графиках соответствуют нормативной наработке и количеству двигателей, снятых с эксплуатации.

Рассчитанная по методике ГосНИТИ (Москва) [69] 80-процентная наработка и нормативная наработка отремонтированных двигателей составляли: для двигателей ЗМЗ-53 – 56,3 и 112 тыс. км; ЗМЗ-24 – 84,6 и 12 тыс. км; УМЗ-451М – 62,5 и 88 тыс. км соответственно.

Нормативной наработки соответственно достигли 2 %, 34 и 25 % двигателей ЗМЗ-53, ЗМЗ-24 и УМЗ-451М.

Наилучшие результаты показывают двигатели легковых автомобилей. Неудовлетворительные показатели послеремонтной наработки двигателей грузовых автомобилей ЗМЗ-53 объясняются как недостатками самого ремонтного производства, так и низкой ремонтпригодностью частей двигателей, главным образом их блоков цилиндров и коленчатых валов.

Выявлению причин неудовлетворительного состояния качества отремонтированных агрегатов способствует рассмотрение отказов, обнаруженных на разных стадиях их жизненного цикла. Поэтому были учтены все дефекты двигателей ЗМЗ-53, обнаруженные во время их приемосдаточных испытаний после обкатки (табл. 2.1) и в гарантийный период эксплуатации (табл. 2.2). Статистическая обработка результатов осмотров и измерений деталей двигателей (с дефектами, обнаруженными на участке обкатки и испытания) после их частичной разборки, сведений из дилерских центров и опорных хозяйств дала значения частот дефектов и позволила выявить их причины и определить меры по устранению этих причин.

Таблица 2.1

Дефекты V-образных карбюраторных двигателей, обнаруженные во время приемосдаточных испытаний, их причины и меры по устранению

Наименования дефектов	Частота, %	Причины	Мероприятия по устранению
1	2	3	4
Течь воды в масляный картер	23,3	Трещины гильз и стенок головок и блоков цилиндров Неточный подбор прокладок под гильзу	Совершенствование испытательного оборудования Внедрение точного контрольно-сборочного оборудования
Низкое давление масла	16,6	Недостаточная подача масляного насоса Засорение клапана	Внедрение средств и процессов по восстановлению корпуса и шестерен Внедрение средств очистки каналов масляной системы
Течь масла из сальникового уплотнения	11,9	Неправильная установка набивки	Внедрение средств отрезки и опрессовки набивки и установки крышки сальниководержателя
Течь воды в цилиндры	6,8	Неточный подбор прокладок под гильзу Твердый материал прокладки под головку цилиндров	Внедрение точного контрольно-сборочного оборудования Внедрение средств входного контроля прокладок
Не поступает масло к оси коромысел	5,2	Неточная установка втулок распределительного вала	Внедрение контрольно-сборочного полуавтомата

1	2	3	4
Большой момент поворота коленчатого вала после сборки	1,9	Предельная погрешность коренных опор блока цилиндров	Внедрение точного расточного оборудования
Нет «компрессии»	1,7	Некачественная притирка клапанов к седлам	Создание эффективных средств притирки клапанов к седлам
Стук в головку цилиндров	1,6	Попадание метизов в цилиндры	Повышение исполнительской дисциплины
Течь воды из-под крышки распределительных шестерен	0,6	Неплоскостность соединяемых поверхностей Некачественная прокладка под крышку	Внедрение средств для обработки и контроля Внедрение контрольного средства
Течь воды из-под головки цилиндров	0,5	Неплоскостность соединяемых поверхностей Твердый материал прокладки под головку цилиндров	Внедрение средств для обработки и контроля Внедрение средств входного контроля прокладок
Повышенный расход масла	0,3	Увеличенный зазор между стержнем и втулкой клапана Увеличенный зазор в замках поршневых колец	Внедрение совершенных контрольно-сортировочных средств
Стук распределительных шестерен	0,1	Увеличенный радиальный зазор между зубьями шестерен	Повышение исполнительской дисциплины
Остальные дефекты	29,5	—	Повышение исполнительской дисциплины

Таблица 2.2

Дефекты двигателей ЗМЗ-53, обнаруженные в гарантийный период эксплуатации, их причины и меры по устранению

Наименования дефектов	Частота, %	Причины	Мероприятия по устранению
1	2	3	4
Интенсивный износ восстановительного покрытия на деталях	44,4	Недостаточные твердость или адгезия покрытия	Назначение подходящего способа восстановления Внедрение совершенного оборудования Применение точных измерительных средств
Излом коленчатого вала	16,6	Исчерпание ресурса усталостной прочности Предельная несоемкость коренных опор	Применение объективных способов и средств обнаружения усталостных трещин Внедрение точного расточного оборудования

1	2	3	4
Отрыв дополнительной ремонтной детали поршня	10,2	Недостаточная прочность сварного шва	Создание полуавтоматического оборудования Применение контрольных приборов, обеспечивающих заданную точность технологического процесса
Разрушение шатунов	7,7	Исчерпание ресурса усталостной прочности Разрушение болтов	Применение объективных методов и средств обнаружения усталостных трещин
Интенсивный износ деталей цилиндропоршневой группы	2,3	Перекося поршня Перекося гильзы в блоке цилиндров Большая шероховатость зеркала цилиндра	Внедрение точного расточного оборудования для обработки головки шатуна Изменение базирования при растачивании втулки шатуна Внедрение средств контроля шероховатости
Выплавка вкладышей	2	Предельная погрешность коренных опор	Внедрение точного расточного оборудования
Другие дефекты	16,8	-	Повышение исполнительской дисциплины

Наибольшая доля дефектов (около 50 %), обнаруженных во время приемо-сдаточных испытаний двигателей перед отправкой их на склад сбыта, связана с течью воды или масла. Причинами их является применение деталей (главным образом корпусных) с незамеченными трещинами в стенках, неточное обеспечение значений замыкающих размеров (в том числе выступание гильз над поверхностью блока цилиндров), неплоскостность сопрягаемых поверхностей и несоблюдение технологии сборки уплотнительных элементов (заднего уплотнения коленчатого вала). Большая группа дефектов (свыше 20 %) определена неисправностью масляной системы и маслопроводящих каналов. Устранение этих дефектов в эксплуатации связано с трудоемкими работами, а последствия от этих дефектов наносят наибольший урон производству. Остальная группа дефектов объясняется неточной обработкой деталей (около 4 %) и организационными недостатками (свыше 30 %). Устранение дефектов последней группы возможно лишь ужесточением контроля и требовательности. Общее количество отмеченных дефектов имеет тенденцию к росту (рис. 2.2).

Наибольшая доля дефектов (44,4 %), обнаруженных в гарантийный период эксплуатации, приходится на интенсивный износ восстановленных поверхностей с покрытиями (в основном газотермическими). Дефекты как результат изломов и разрушений деталей составляют 34,5 %, а дефекты,

обусловленные недопустимыми погрешностями механической обработки, составляют 4,3 %; 16,8 % дефектов как результата низкой исполнительской дисциплины может быть устранено организационными мерами.

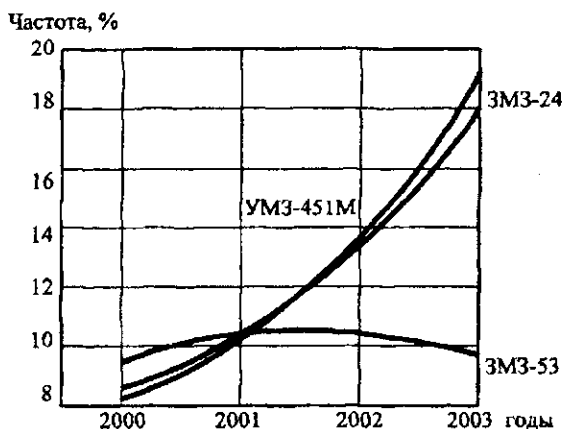


Рис. 2.2. Доля двигателей с дефектами, выявленными во время прямо-сдаточных испытаний

В 1990 – 2000 годах наблюдалась тенденция к снижению количества отказов двигателей в гарантийный период эксплуатации. В настоящее время имеет место явное уменьшение этого показателя по причине плохого состояния ремонтного фонда и снижения качества ремонта (рис. 2.3).

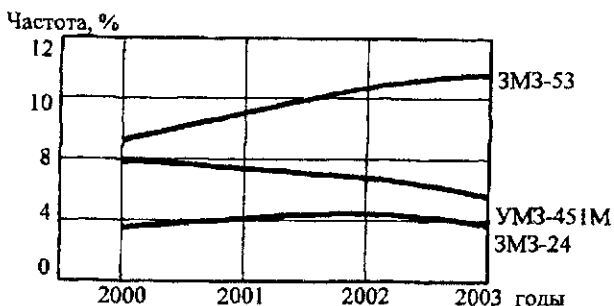


Рис. 2.3. Доля отказов отремонтированных двигателей в гарантийный период эксплуатации

В подсобранном виде или с повреждениями базовых деталей, не подлежащих восстановлению, поступают 13 % двигателей. Доля рекламационных дефектов на различных предприятиях в зависимости от вида техники изменяется в широких пределах – от 2 до 80 %. Наименьшая доля отказов приходится на карбюраторные двигатели легковых автомобилей, а наибольшая – на дизельные двигатели старых моделей типа СМД-14. Уменьшилось число отказов, связанных с износом восстановленных поверхностей с покрытиями, однако увеличилась доля изломов и разрушений деталей.

Качество отремонтированной техники на ряде ремонтных предприятий проверяла комиссия Главгостехнадзора Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь и Республиканской инспекции котлонадзора, стандартизации и метрологии. Проверки были вызваны жалобами хозяйств, рай- и облсельхозпродов на низкое качество ремонта, неудовлетворительную организацию работ по устранению рекламационных отказов и стремлением представителей ремонтных заводов (с точки зрения работников хозяйств) под любым предлогом представить виновной стороной эксплуатирующие предприятия.

Наибольшее число отказов приходится на первые полгода эксплуатации техники. Виды отказов следующие: выплавка вкладышей, задиры шеек, падение давления масла, изломы коленчатых валов, неисправность топливной аппаратуры дизелей, повышенный расход масла, разрушение деталей (шатунов и их болтов, седел клапанов, коренных опор и перемычек между гильзами блока цилиндров и др.), течи воды из систем охлаждения, повышенная вибрация двигателей. Наблюдается корреляция между частотой дефектов и интенсивностью производства. Во время подготовки к весенне-полевым работам, когда заводы работают круглые сутки, количество дефектов возрастает.

Предельное состояние агрегатов, поступивших в ремонт после исчерпания ресурса, определяется деформациями и износом основных деталей (корпусов, валов, гильз, шатунов, рычагов и др.). Качество запасных частей и комплектующих изделий низкое. Как правило, бракованные детали поступают из коммерческих структур или райагропромтехник. В договорах на поставку изделий отсутствуют требования к поставляемым изделиям, не определены условия приемки продукции, не отражена ответственность изготовителя за ее низкое качество. Договоры не согласованы со службами качества.

Заводы в основном обеспечены нормативной, ремонтной и технологической документацией, однако в неполном объеме. В ряде случаев она не соответствует требованиям руководств по капитальному ремонту машин.



Замена изношенных деталей новыми ведется со значительным отступлением от нормативов ГосНИТИ. Блоки цилиндров двигателей за последние три года на некоторых заводах не заменялись. Фактическая замена головок цилиндров, коленчатых и распределительных валов уступает нормативам в 10...15 раз. Цена ремонта тракторного дизеля составляет 6...20 % от цены нового изделия, для карбюраторного двигателя это соотношение составляет 20...25 %.

Метрологическое обеспечение производства и состояние испытательного оборудования неудовлетворительное. На заводах, выпускающих большую долю дефектной продукции, около половины испытательного оборудования не аттестовано, определение повреждений и сортировка деталей ведутся без документации и неуполномоченными средствами измерений. Измерительный инструмент содержится в неудовлетворительных условиях (без чехлов и мягкого подкладочного материала). Особенно плохо оснащены рабочие места контроля зубчатых колес. Некоторые рабочие не умеют пользоваться средствами измерений.

Отмечались низкие давление и температура очистных сред, недостаточная массовая доля их компонентов и высокая загрязненность растворов. Графики чистки моечного оборудования не выдерживаются. В ряде случаев отсутствует оборудование для очистки каналов и полостей блока цилиндров и коленчатого вала. Нет образцов очищенных поверхностей. Очистка агрегатов, поступивших на устранение отказов в гарантийный период, не организована, и они ремонтируются неочищенными.

Контрольная разборка агрегатов показывает, что значения моментов затяжки резьбовых соединений не соответствуют нормативам. Детали верхнеклапанного механизма и головки цилиндров, например, не проходили контроль технического состояния и содержат много дефектов. Момент поворота коленчатого вала во вкладышах не измеряется. Не очищены отстойники масляных фильтров и масляные радиаторы. Форсунки не проходили контроль давления и момента отсечки топлива, а основные параметры топливного насоса высокого давления не соответствуют нормативам. Ряд основных геометрических параметров базовых и основных деталей (диаметры отверстий коренных опор, нижних головок шатунов, соосность коренных опор, параллельность осей головок шатунов и др.) не удовлетворяют требованиям чертежей. Замыкающие размеры непосредственно не измеряются. Изделия окрашивают по неподготовленным поверхностям. Отмечены грубые нарушения требований обкатки и консервации.

### 2.1.2. Обсуждение результатов анализа

На всех предприятиях действует комплексная система управления качеством продукции, однако оплата контролеров отстает от уровня оплаты труда рабочих с одинаковым разрядом. Контроль охватывает все процессы ремонта машин: восстановление основных деталей, сборку, обкатку и испытания. Вид контроля, как правило, сплошной, однако современный выборочный вид контроля внедряется неуверенно. По каждому дефекту не налажен его разбор, не устанавливаются меры корректирующего характера. Роль службы ОТК на заводах снижена по подчиненности и правам.

Надежность отремонтированных агрегатов в большой степени определяется качеством восстановленных деталей, которое определяется степенью приближения значений их параметров к нормативным. Детали при восстановлении приобретают нормативные значения чистоты поверхностей, статической и циклической прочности, жесткости и износостойкости элементов, герметичности стенок и стыков, взаимного расположения и формы элементов, точности линейных и угловых размеров, шероховатости рабочих поверхностей, массы детали и ее распределения относительно осей вращения и инерции, коррозионной стойкости.

Значения восстанавливаемых свойств определены нормативной документацией, они являются ограничениями для организации процессов восстановления изношенных деталей. Эти значения свойств деталей обеспечивают не менее чем 80-процентную послеремонтную наработку от наработки новых изделий. Качество восстановления деталей обеспечивается полностью в том случае, когда значения всех параметров, установленных нормативной документацией, как для деталей, так и для их элементов, выдерживаются. Однако практика ремонта показывает, что в нормативных пределах находится менее половины (~ 48 %) параметров. Наиболее полно параметры выдерживаются при восстановлении распределительных валов, поршней и шатунов. Восстановление этих деталей наиболее оснащено и отличается высокой организованностью. У блоков цилиндров выдерживаются 54 % параметров, гильз цилиндров – 66 %, головок цилиндров – 25 %, поршневых пальцев и толкателей – 50 %, коленчатых валов – 31 %, клапанов – 66 %, маховиков – 20 %. Если выполняются нормативные требования к форме, размерам и шероховатости поверхностей при обработке шеек валов, то с нормативной точностью обрабатывают не более 60 % отверстий. Полностью обеспечиваются требования к соосности шеек и отверстий и параметрам биения, но параметры параллельности и перпендикулярности элементов выдерживаются частично.

При восстановлении корпусных деталей выполняются требования к диаметрам и форме отверстий, однако не выдерживаются параметры расположения и шероховатость их поверхностей. Недопустимые отклонения от параллельности или перпендикулярность осей отверстий между собой и с плоскостями приводят к перекосам деталей и нерасчетным условиям трения в кинематических парах. Несосоосность опор корпусных деталей, в которых вращаются валы, добавляет к рабочим нагрузкам циркуляционные (паразитные) нагрузки. Суммарные нагрузки приводят к напряжениям в теле вала, которые на кривой Веллера «смещают» условия работы детали из области неограниченной усталости в область ограниченной усталости. Эффективно внедрение контроля момента поворота валов в подшипниках скольжения. Для сравнения, при сборке нового двигателя КамАЗ этот момент ограничен значением 10 Н·м, при ремонте его значение составляет 50...100 Н·м.

Большое количество изломанных деталей (коленчатых валов, шатунов и др.) еще в гарантийный период эксплуатации предполагает, что они поступили на восстановление с критическим числом усталостных трещин, которые на операции определения его технического состояния не заметили. Более производительными и объективными являются ультразвуковые способы обнаружения трещин.

При восстановлении валов выдерживаются диаметры шеек и фланцев и шероховатость их поверхностей, однако у коленчатых валов не выдерживаются радиусы и угловое расположение кривошипов, расположение шпоночного паза относительно первого кривошипа и форма галтелей. Поверхностное пластическое деформирование галтелей не проводится.

Распределительный вал является деталью, из-за которой практически не бывает рекламаций. Однако недопустимое отклонение фактического профиля кулачков от номинального может на 20 % уменьшить мощность двигателя и на столько же увеличить удельный расход топлива.

Проблемы восстановления тонкостенных гильз цилиндров связаны с обеспечением формы отверстий. Анализ процесса показывает, что число финишных операций в два раза меньше требуемого. Последние операции обработки необходимо вести над деталью, установленной в эксплуатационном положении в блок цилиндров.

При восстановлении шатунов выдерживаются диаметры, форма и шероховатость отверстий, но не выдерживается параллельность их осей, что ведет к перекосу поршня в цилиндре.

Измерение линейных и угловых величин производится во время выполнения технологических операций сплошным методом, однако точность этих измерений недостаточна. Параметры формы и расположение поверх-

ностей, а также их шероховатость измеряются редко и ими практически не управляют. Налицо необходимость выборочного контроля этих величин. Если для измерений линейных и угловых величин и параметров формы и шероховатости поверхностей применяют универсальные средства, то для измерения параметров расположения изготавливают специальные средства в собственном вспомогательном производстве.

Наиболее распространен метод безошибочности контроля, при котором средства измерений выбирают по известным значениям номинального размера, допуска изготовления и погрешности измерений. Здесь погрешности приняты равными 20...35 % от допуска на изготовление детали.

При точности размеров наружных поверхностей 5...6 квалитетов (что характерно для основных деталей современных агрегатов) применяют микрометры гладкие типа МК с ценой деления 0,01 мм. Однако необходимы микрометры рычажные типа МР и МРИ, скобы рычажные типа СР при использовании в стойке, головки рычажно-зубчатые типа ИГ с ценой деления 0,001 мм. Измерения размеров внутренних поверхностей с точностью по 5...8 квалитетам предполагают применение микроскопов инструментальных типа МРИ-2, БМИ-1, оптиметров горизонтальных типа ОГ-3 и нутромеров с ценой деления 0,001 или 0,002 мм с настройкой по установочным кольцам. При использовании указанных средств измерений будет выявлена неудовлетворительная картина точности восстанавливаемых параметров деталей.

Параметры расположения чаще измеряют сравнительным способом, поэтому средства для их измерений должны обладать достаточной жесткостью и должны быть оснащены точными эталонами измеряемых параметров и головками рычажно-зубчатыми с ценой деления 0,001 мм.

Остаточная загрязненность поверхностей деталей превышает допустимую в пять и более раз. Динамическая и смешанная неуравновешенность вращающихся частей превышает нормативную до 1,5...2,0 раз. Сборочные моменты при затяжке резьбовых соединений находятся в нормативных пределах только у 30...70 % соединений. Сборочные усилия, как правило, не контролируются. Не выдерживаются нормативные зазоры в соединениях: длина коренной шейки – ширина коренной опоры с упорными шайбами; шестерни коленчатого и распределительного валов; длина гильзы цилиндра – высота блока цилиндров; тепловой зазор в стыке поршневых колец; отверстие – толкатель; отверстие – стержень клапана и натяги в соединениях отверстие – седло клапана. Жесткость невосстановленных упругих элементов составляет 60...70 % от нормативных значений.

Причины недостаточной наработки отремонтированной продукции объясняются технологическими и организационными причинами. Причины первого вида обусловлены слабой технологической подготовкой производства, из-за чего не может быть достигнут высокий технический уровень технологического оборудования, а следовательно, технологических процессов и необходимого метрологического обеспечения производства. В ряде случаев оборудование не обладает необходимым техническим уровнем, а комплект имеющейся оснастки неполон. Причины второго вида организационного характера – низкая технологическая дисциплина и недостатки в работе ОТК.

## 2.2. РАСЧЕТ И РАЗВИТИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ МОЩНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ

Производительность предприятия определяется его производственной мощностью. *Производственная мощность* предприятия – это количество товарной продукции установленного качества и нужной номенклатуры, выпущенной в течение года при полном использовании технологического оборудования, производственной площади и рабочего времени.

Производственную мощность определяют с учетом применения прогрессивных норм времени, использования передовых технологических процессов и современной организации производства после ликвидации его «узких мест». «Узкое место» производства – это рабочее место или участок, производственная мощность которых ниже соответствующего показателя для предприятия в целом. Такие рабочие места или участки сдерживают использование производственной мощности всего предприятия.

Расчеты производственной мощности частей предприятия необходимы для объективного планирования его загрузки, выявления резервов, определения коэффициента использования производственных площадей и основного оборудования, выявления «узких мест» производства и разработки организационно-технических мероприятий по их ликвидации.

Производственная мощность ремонтного предприятия выражается в натуральных, приведенных, условных и стоимостных показателях. Первый показатель используют для предприятий, выпускающих однотипную продукцию, а остальные – для оценки производственной мощности предприятий, выпускающих разнообразную продукцию. *Натуральные (физические) показатели  $N_{шт}$*  выражаются конкретными ремонтируемыми изделиями (например, двигатель Д-245, станок ЗВ423). *Приведенные показатели* выражаются типовыми изделиями-представителями. За единицу приведен-

ного ремонта принимают объем ремонта машины-представителя (например, автомобиля ГАЗ-3307 или двигателя ЗМЗ-53).

Преобразование количества натуральных ремонтов в количество приведенных ремонтов  $N_{пр}$  выполняют по формуле:

$$N_{пр} = k_{пр} \cdot N_{нт}, \quad (2.1)$$

где  $k_{пр}$  – коэффициент приведения.

Коэффициент приведения  $k_{пр}$  равен отношению трудоемкости ремонта рассматриваемой машины к трудоемкости ремонта машины-представителя.

Для многопредметного производства по ремонту полнокомплектных машин и агрегатов приведенную производственную мощность определяют по формуле:

$$N_{пр} = \sum_{i=1}^n N_{кр_i} \cdot k_{пр_i} + \sum_{j=1}^m N_{кра_j} \cdot k_{пра_j}, \quad (2.2)$$

где  $n$  и  $m$  – число видов полнокомплектных машин и видов агрегатов соответственно, ремонтируемых на данном предприятии;  $N_{кр_i}$  – количество капитальных ремонтов машин  $i$ -й марки;  $N_{кра_j}$  – количество капитальных ремонтов агрегатов  $j$ -го вида;  $k_{пр_i}$  и  $k_{пра_j}$  – коэффициенты приведения для полнокомплектных машин и отдельных агрегатов соответственно.

За единицу *условного ремонта* принят объем ремонтных работ в 300 чел.-ч для условий мастерской общего назначения с производственной мощностью, равной 300 условных ремонтов в год, или среднегодовым объемом работ, составляющим 90 тыс. чел.-ч.

Пересчет натуральных ремонтов в условные ремонты  $N_{ур}$  производят умножением количества физических ремонтов на коэффициент приведения  $k_y$ :

$$N_{ур} = k_y \cdot N_{нт}. \quad (2.3)$$

Коэффициент приведения  $k_y$  определяют делением трудоемкости натурального ремонта  $T_{нт}$ , сложившейся на предприятии, на 300 чел.-ч и на поправочный коэффициент  $k_k$ , величина которого зависит от объемов выпуска этого ремонтного предприятия:

$$k_y = T_{нт} / 300 k_k. \quad (2.4)$$

Для участков индустриального восстановления деталей при отсутствии расчетов по трудоемкости принимают выпуск продукции в объеме, 500 тыс. руб. (в отпускных ценах) равном одному условному ремонту.

Производственную мощность производства по восстановлению деталей определяют количеством деталей и *отпускными ценами*. Предприятия по изготовлению технологического оборудования отчитываются количеством этого оборудования и его отпускной ценой.

Отношение фактического объема выпуска продукции  $N_{\phi}$  к производственной мощности завода  $N_{\text{пм}}$  является *коэффициентом использования мощности*  $k_{\text{пм}}$ :

$$k_{\text{пм}} = N_{\phi} / N_{\text{пм}}. \quad (2.5)$$

Производственная мощность основных цехов (участков) определяет производственную мощность предприятия в целом. В расчет идут те участки, в которых выполняют основные технологические операции ремонта и сосредоточена преобладающая часть технологического оборудования. Например, при расчете производственной мощности мотороремонтного завода учитывают следующее оборудование участков: моечные машины разборочно-очистного участка; станки кругло-шлифовальные для обработки шеек коленчатого вала, алмазно-расточные и хонинговальные – для обработки цилиндров; горизонтально-расточные – для обработки коренных опор блока цилиндров и балансировочные – для динамической балансировки деталей на участках их восстановления; конвейер для сборки двигателей сборочного участка; обкаточно-тормозные стенды на участке обкатки и испытания; комплект окрасочно-сушильного оборудования на участке окрашивания.

Производственную мощность участков ремонтного предприятия рассчитывают по производительности основного оборудования и их производственной площади. Исходные данные для расчета производственной мощности следующие:

- виды, количество, стоимость и трудоемкость продукции;
- коэффициенты пересчета натуральных ремонтов в приведенные и условные ремонты;
- наличное оборудование и его производительность;
- значение производственной площади;
- нормы удельных площадей (приходящихся на единицу производственной мощности).

Производственная мощность участка по основному оборудованию – это произведение количества однотипного оборудования на его сменную производительность, число смен в сутки и на число рабочих дней в расчетном году.

Производственную мощность участка по площади определяют как частное от деления его производственной площади на соответствующий показатель удельной площади. В качестве примера в таблице 2.3 приведены удельные площади участков и отделений предприятия по ремонту карбюраторных двигателей мощностью 115 л. с. [82].

Таблица 2.3

Удельные площади участков и отделений предприятия по ремонту карбюраторных двигателей мощностью 115 л. с. при двухсменной работе

Наименования участков и отделений	Удельная площадь (м <sup>2</sup> /приведенный ремонт) в зависимости от производственной мощности (год <sup>-1</sup> )				
	6000	7000	8000	9000	10000
Разборочно-очистной, в том числе:	0,081	0,116	0,111	0,109	0,106
- разборочно-очистное отделение	0,066	0,063	0,060	0,059	0,056
- определения технического состояния деталей	0,055	0,053	0,051	0,050	0,048
Цех комплексного восстановления деталей, в том числе:	0,124	0,116	0,110	0,104	0,098
- слесарно-механический участок	0,068	0,064	0,061	0,059	0,056
- тепловой участок*	0,032	0,029	0,028	0,026	0,025
- гальванический участок	0,014	0,014	0,013	0,012	0,011
- участок переработки пластмасс	0,010	0,009	0,008	0,007	0,006
Участок ремонта агрегатов	0,074	0,067	0,061	0,057	0,055
Комплектовочно-сборочный участок	0,030	0,026	0,023	0,022	0,022
Участок окрашивания	0,036	0,034	0,032	0,031	0,029
Обкаточно-испытательный участок	0,040	0,038	0,035	0,033	0,032
* – на тепловом участке выполняются кузнечные, термические, сварочные и медницкие работы.					

Для разработки мер по наращиванию производственной мощности предприятия берут ее значение на начало планируемого года и устанавливают – на конец этого года. Разницу между этими значениями мощности, т.е. ее прирост за год, обеспечивают за счет реализации намеченных организационно-технических мероприятий.



### 2.3. РОЛЬ ПОДГОТОВКИ В СНИЖЕНИИ РАСХОДА ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ РЕСУРСОВ

Примерно половина себестоимости ремонта машин приходится на приобретаемые материалы, полуфабрикаты и запасные части (табл. 2.4). Около трех четвертей затрат на покупные материалы и изделия – на запасные части.

Таблица 2.4

Доля затрат на материалы, полуфабрикаты и запасные части  
в себестоимости ремонта двигателей

Статьи затрат	Доля средств, вкладываемых в ремонт одного двигателя, %			
	ЗМЗ-53	ГАЗ-52	УМЗ-451М	ЗМЗ-24
Материалы и полуфабрикаты	12,30	11,90	12,26	12,26
Запасные части	35,26	35,81	37,60	37,70

Наиболее актуальны мероприятия технологической подготовки ремонтного производства, направленные на уменьшение расхода запасных частей за счет углубленного определения технического состояния ремонтного фонда и освоения новых технологических процессов восстановления деталей, которые согласно действующим нормативам подлежат замене новыми деталями. Необходимо учесть, что расход запасных частей увеличивается за счет устранения дефектов, выявленных во время приемо-сдаточных испытаний агрегатов после их обкатки и в течение гарантийного срока эксплуатации.

Перечень материалов, применяемых при ремонте, например, двигателей ЗМЗ-53 состоит из 270 наименований: металлопрокат круглого сечения массой 8,4 кг; прокат шестигранного сечения – 1,52 кг; листовой прокат – 8,2 кг; Лабомиды для очистки – 3,07 кг; кислота соляная для пайки и железнения – 0,70 кг; едкий натр для очистки – 0,40 кг; бензин – 6 л и масло – 2,4 кг для обкатки. Список продолжают технологические газы, СОЖ, пасты, смазки, пластмассы, клеи, прокладочные и лакокрасочные материалы и др.

Исследования по уменьшению расхода материалов направлены на обоснование замены материалов менее дорогостоящими и сокращение продолжительности очистных и обкаточных процессов.

Анализ расхода тепловой энергии (табл. 2.5), отнесенной к различным видам технологических воздействий, дал такие результаты. Более двух

третьей тепловой энергии на технологические нужды всего завода, а точнее 69,3 %, приходится на очистку сборочных единиц и деталей от эксплуатационных и технологических загрязнений. Факт объясняется тем, что ранее не уделялось достаточное внимание расходу недорогих нефтеотходов, которые использовались в качестве топлива. Второе место занимает доля тепловой энергии на нагрев электролита в гальванических ваннах (10,9 %) и третья – энергия на расконсервацию запасных частей и консервацию товарных деталей и сборочных единиц.

Таблица 2.5

Расход тепловой энергии на технологические нужды при объемах ремонта 16 тыс. двигателей ЗМЗ-53 в год

Оборудование теплоиспользующее		Расход пара, кг/ч	
наименование	количество	на единицу оборудования	на вид оборудования
Установка для приготовления очистных растворов	1	27	27
Погружная роторная машина	1	300	300
Погружная роторная машина	2	150	300
Погружная роторная машина	2	30	60
Погружная проходная машина	1	140	140
Барабанная машина	4	80	320
Струйная машина для общей очистки деталей	1	450	450
Струйная машина для общей очистки деталей	1	250	250
Ванна для расконсервации деталей	1	208	208
Установка для лужения поршней	1	14	14
Струйная машина для очистки от технологических загрязнений	6	130	780
Погружная машина для очистки от технологических загрязнений	3	40	120
Установка для определения течей в блоке цилиндров	1	7	7
Установка для очистки масла	1	62	62
Установка для выштавки моделей	1	300	300
Стенд для очистки проволоки	2	20	40
Установка для приготовления СОЖ	1	16	16
Установка для консервации деталей	2	50	100
Ванна гальваническая	10	33	330
Камера сушки деталей	1	100	100

Уменьшению расхода тепловой энергии на технологические нужды способствует использование очистных сред, гальванических растворов и консервационных смазок, работающих при комнатной температуре. Необходимо взаимодействие двух групп процессов, использующих нагрев (первая группа) и охлаждение (вторая группа) технологических сред. Весьма актуальны исследования, направленные на уменьшение энергозатрат на очистные процессы путем замены струйных способов очистки на погружные и совершенствование последних.

Расход электрической энергии на технологические нужды при объемах ремонта 16 тыс. двигателей ЗМЗ-53 в год представлен в таблице 2.6.

Таблица 2.6

Расход электрической энергии на технологические нужды при объемах ремонта 16 тыс. двигателей ЗМЗ-53 в год

Технологические процессы	Расход энергии недельный, кВт·ч
Перемещение	3000
Литье металла	4200
Термическая обработка высокочастотная	4090
Термическая обработка в шахтных или камерных печах	8000
Переработка резины и пластмасс	3050
Нанесение электрохимических покрытий	5600
Нанесение наплавочных и газотермических покрытий и закрепление дополнительных ремонтных деталей	5500
Механическая обработка	9760
Обкатка агрегатов	4000

Более четверти общего расхода электрической энергии приходится на терморadiационный и высокочастотный нагрев металла при его термической обработке; более 10 % электроэнергии расходуют на процессы электролиза.

### Глава 3

## МАРКЕТИНГОВАЯ И КОНСТРУКТОРСКАЯ ПОДГОТОВКА РЕМОНТНОГО ПРОИЗВОДСТВА

### 3.1. МАРКЕТИНГОВАЯ ПОДГОТОВКА

#### 3.1.1. Потребность в ремонте техники

Расчет потребности в ремонте техники при расчете загрузки ремонтного предприятия или его участков проводят в такой последовательности:

- определяют обслуживаемый экономический регион, состав и перспективы роста парка машин, подлежащих ремонту;
- рассчитывают необходимое количество ремонтов машин и их агрегатов по сроку службы, амортизационной и межремонтной наработкам;
- находят количество комплектов деталей, необходимых для ремонта агрегатов в условиях предприятий, использующих технику.

Годовую потребность в ремонте машин или их агрегатов  $N_{кр}$  определяют из выражения:

$$N_{кр} = N_m \cdot k_p, \text{ год}^{-1}, \quad (3.1)$$

где  $N_m$  – списочный состав обслуживаемых машин или их агрегатов в экономическом регионе;  $k_p$  – годовой коэффициент охвата капитальным ремонтом машин или их агрегатов.

*Коэффициент охвата капитальным ремонтом* показывает долю машин или их агрегатов, которые проходят ремонт в течение года. Значение  $k_p$  определяют по формуле:

$$k_p = \frac{l_{ам} - l_c}{T_c}, \quad (3.2)$$

где  $l_{ам}$  – нормативная наработка за амортизационный срок службы;  $l_c$  – средняя межремонтная наработка;  $T_c$  – амортизационный срок службы машины (агрегата), лет.

**Пример.** Определить потребность в капитальных ремонтах двигателей ЗМЗ-24 в экономическом регионе, если количество автомобилей с такими двигателями в этом регионе составляет  $N_m = 4500$  единиц, средний межремонтный

пробег ремонтируемых агрегатов  $l_c = 108000$  км, их нормативная наработка  $l_{ам} = 224000$  км, а амортизационный срок службы  $T_c = 5$  лет.

### Решение

Коэффициент охвата парка агрегатов капитальными ремонтами:

$$k_p = (l_{ам} : l_c - 1) : T_c = (224000 : 108000 - 1) : 5 = 0,215.$$

Годовое количество капитальных ремонтов:

$$N_{кр} = N_m \cdot k_p = 4500 \cdot 0,215 = 967 \text{ год}^{-1}.$$

Товарные агрегаты, прошедшие капитальный ремонт, будут использованы при среднем или текущем ремонте машин. Количество комплектов деталей, необходимых для среднего ремонта агрегатов, определяют по формулам (3.1) и (3.2) с применением статистических сведений о количестве ремонтируемых агрегатов и наработке до среднего ремонта.

### 3.1.2. Маркетинговые исследования рынка продукции и услуг

*Маркетинг* – это система управления производственно-сбытовой деятельностью предприятия, основанная на комплексном анализе рынка и обеспечивающая эффективную реализацию продукции посредством удовлетворения нужд и потребностей потребителя. Для ремонтного предприятия важно изучение спроса на ремонт техники с учетом влияния на объемы реализации продукции как качества самого ремонта, так и качества технического сервиса.

Задачи маркетинга включают: прогнозирование спроса и анализ перспективности продукции; определение доминирующих критериев качества; комплектование портфеля заказов; налаживание товародвижения и сбыта продукции, ориентированной на запросы потребителей и выбор цены.

В основу концепции маркетинга положены идеи удовлетворения нужд и потребностей потенциальных потребителей. Маркетинг возник как ответ на усложнение сбытовой деятельности в условиях наращивания объемов выпуска продукции. Ранее имело место приоритетное положение производителя по отношению к потребителям. Рынок такого типа назывался «рынком продавца». В этом случае сначала производился товар, а затем осуществлялся активный поиск его потребителей и методов интенсивного сбыта. При насыщенном рынке вступали в действие жесткая конкуренция, агрессивная реклама и изощренные формы стимулирования сбыта. В какой-то момент «рынок продавца» становился тормозом на пути научно-технического

прогресса и появления новых товаров. Разрешение противоречия возможно за счет создания «рынка покупателей», предполагающего выпуск товаров, которые будут согласны приобрести потенциальные потребители. В этом случае в основу производства закладываются данные, полученные в результате изучения запросов различных рыночных сегментов (отдельных предприятий, организаций и других потребителей), которым и будет адресована выпущенная продукция. Здесь меняется направление усилий производителя – он, выявив с помощью исследований неудовлетворенные нужды и потребности, разрабатывает и начинает производить те товары и услуги, которые способны удовлетворить покупателей. Таким образом, определение производства и сбыта продукции в условиях «рынка покупателя» и составляет содержание маркетинговой деятельности.

Один из видных идеологов маркетинга, профессор Ф. Котлер, определил маркетинг как вид человеческой деятельности, направленной на удовлетворение нужд и потребностей путем обмена. Рабочие понятия маркетинга следующие:

- нужда – нехватка чего-либо;
- потребность – нужда, принявшая специфическую форму в соответствии с возможностью и техническим уровнем предприятия;
- запрос – это потребность, подкрепленная покупательной способностью;
- товар – все, что может удовлетворить потребность или нужду и предлагается рынку с целью привлечения внимания, приобретения, использования или потребления;
- обмен – факт получения от кого-либо желаемого объекта с предложением чего-либо взамен;
- сделка – коммерческий обмен ценностями между двумя сторонами;
- рынок – совокупность производителя, существующих и потенциальных покупателей товара.

На ремонтных предприятиях создают отделы или бюро маркетинга, организованные по функциональным признакам. Эти подразделения изучают характеристики рынка и определяют его потенциальные возможности, анализируют распределение долей рынка между предприятиями, определяют продукцию для сбыта и готовят предложения руководству предприятия для организации выпуска такой продукции и подготовки производства. Успешно действует в непрерывно меняющейся обстановке то предприятие, которое непрерывно корректирует свою деятельность на основе перемен в рынке.

Выбор стратегии охвата рынка зависит от производственной мощности предприятия, видов освоенной и перспективной продукции, емкости рынка, стадии жизненного цикла товара и маркетинговой стратегии конкурентов. С учетом всех этих данных определяют, какие рыночные сегменты наиболее привлекательны для предприятия, и решают, какие из них больше других соответствуют его сильным сторонам и опыту.

Маркетинговые исследования служат также основой для назначения цены товара. Эту цену устанавливают на основании одного из пяти методов ценообразования:

- средних издержек плюс прибыль;
- анализа и обеспечения целевой прибыли;
- на основе оцугимой ценности товара;
- на основе уровня текущих цен; на основе закрытых торгов.

Предприятие рекламирует свою продукцию путем рассылки рекламных проспектов потенциальным покупателям и участия в тематических выставках.

## 3.2. КОНСТРУКТОРСКАЯ ПОДГОТОВКА

### 3.2.1. Содержание конструкторской подготовки

*Конструкторская* подготовка – это комплекс работ по разработке, согласованию и утверждению ремонтной документации, изготовлению и испытанию опытных образцов продукции и принятию решения о постановке ее на производство.

Конструкторская подготовка ремонтного производства включает приобретение нормативной документации, руководств по капитальному ремонту агрегатов или машин, каталогов деталей и норм расхода запасных частей и материалов, разработку ремонтных чертежей и проведение предварительных и приемочных испытаний.

Конструкторскую подготовку ремонтного производства ведут при постановке продукции на производство силами отдела главного конструктора. Эта подготовка отличается от соответствующей подготовки машиностроительного производства тем, что рабочую (конструкторскую) документацию вначале приобретают на предприятии-изготовителе продукции, которую затем превращают в ремонтную документацию.

*Рабочая (конструкторская)* документация – это совокупность конструкторских документов, предназначенных для изготовления, контроля, приемки, поставки и эксплуатации изделия.

*Ремонтная документация* – это рабочая документация для подготовки ремонтного производства, осуществления ремонта и контроля изделия в конце ремонта. Эта документация включает чертежи деталей и сборочных единиц со спецификациями.

### 3.2.2. Нормативная и ремонтная документация

*Нормативные* документы на ремонт техники – это межгосударственные или республиканские стандарты, которые определяют общие технические требования к машинам, сдаваемым в ремонт и выпускаемым из ремонта, их комплектность, а также другие стандарты, на которые имеются ссылки в документации.

Применительно, например, к автомобилям и их составным частям действуют стандарты СТБ 928-93, СТБ 929-93 и СТБ 930-93. Они устанавливают комплектность и состояние автомобилей, поступающих в ремонт, правила приемки и соответствующую документацию, состояние отремонтированных автомобилей, сдаваемых заказчику, и регламентируют их послеремонтную наработку. Предполагается, что автомобиль проходит только один капитальный ремонт в течение своего жизненного цикла.

*Ремонтные* документы включают ремонтные чертежи изделий, руководства по капитальному ремонту агрегатов, каталоги деталей и нормы расхода запасных частей и материалов.

Первичный конструкторский документ, который определяет устройство, устраняемые повреждения, материал, размеры и параметры восстановленной детали, а также требования к ее качеству – это *ремонтный чертеж*, разрабатываемый по ГОСТ 2.604-2000 на основании рабочего чертежа новой детали.

На ремонтном чертеже приводят название, изображение и обозначение восстановленной детали, ее материал, размеры, параметры формы и расположения элементов и их допустимые отклонения, шероховатость восстановленных поверхностей, условия, при которых деталь не принимают на восстановление, таблицу повреждений и способов их устранения, технические требования к детали. При необходимости приводят данные по базированию и таблицы ремонтных (категорийных и пригоночных) размеров. На ремонтном чертеже приводят информацию, необходимую только для восстановления детали и ее контроля.

Таблица повреждений и способы их устранения располагается слева на поле ремонтного чертежа. Она содержит коэффициенты повторяемости и возможные сочетания повреждений, основной и допускаемые способы их устранения.



На ремонтном чертеже допускается указывать несколько вариантов восстановления одних и тех же элементов детали. На каждый принципиально отличный вариант восстановления (например, с применением пластического деформирования или электромагнитной наплавки) выполняют отдельный ремонтный чертеж. В обозначении этих чертежей добавляют через тире римскую цифру I, II и др. (соответственно для первого, второго и последующих вариантов восстановления). При этом первый вариант является предпочтительным. При использовании сварки, наплавки, напыления и других способов создания ремонтных заготовок указывают наносимые материалы, флюсы и защитные среды.

В технических требованиях к детали указывают: химический и фазовый состав материала трущихся слоев, твердость рабочей поверхности и разброс ее значений, допустимое наличие пор, раковин и отслоений, прочность соединения покрытия с основой и другие параметры, обусловленные применением конкретного способа восстановления детали.

Разрабатывают также ремонтные чертежи сборочных единиц и агрегатов. В качестве таких чертежей могут быть использованы чертежи завода-изготовителя с измененными обозначениями и значениями параметров.

Ремонтные чертежи разрабатывают в две стадии: для опытного (литера РО) и серийного (литера РА) восстановления или ремонта изделий. По ним готовят и организуют производство. При разработке ремонтных чертежей особое внимание обращают на тот факт, чтобы сведения в них полностью обеспечивали требования нормативных документов. Это соответствие контролирует служба нормоконтроля.

*Руководства по капитальному ремонту отдельных машин и их агрегатов* разрабатываются отраслевыми специализированными проектно-конструкторскими организациями. Руководства определяют организацию ремонта, содержат сведения по приемке и хранению ремонтного фонда, разборке изделий, технические требования к сортировке и восстановлению деталей, сборке, окрашиванию, обкатке, испытанию, хранению и транспортированию агрегатов и машин, устанавливают порядок маркирования и упаковки изделий, приводят гарантии ремонтного предприятия. Эти документы устанавливают обязательную замену ряда ответственных или мало-ресурсных деталей (подшипников качения и скольжения, прокладок, некоторых крепежных деталей и др.).

*Каталоги* деталей машин в виде иллюстрированных книг выпускают заводы-изготовители.

Укрупненные нормы расхода запасных частей, материалов и инструментов на капитальный ремонт отдельных машин, в том числе их агрегатов, разрабатывают проектные организации. Затем эти нормы будут уточнены заводскими специалистами применительно к возможностям своего предприятия.

### 3.2.3. Испытания продукции при постановке ее на производство

*Испытание* – это экспериментальное определение количественных и качественных параметров агрегатов и машин при их функционировании в эксплуатационном режиме.

Испытания продукции необходимы для подтверждения ее соответствия установленным требованиям и способности производства выпускать такую продукцию. Виды испытания продукции определены ГОСТ 16504-81. На стадии конструкторской подготовки производства проводят предварительные и приемочные испытания.

*Предварительные* испытания – это испытания продукции с целью определения возможности предъявления ее на приемочные испытания. Эти испытания являются самопроверкой ремонтного предприятия, они проводятся силами самого предприятия перед предоставлением опытных образцов продукции на приемочные испытания.

*Приемочные* испытания – это испытания отремонтированных в опытном порядке образцов продукции или их партии с целью принятия решения о целесообразности постановки этой продукции на производство (проведения ремонта на данном предприятии). При испытаниях этого вида проводят экспертизу технической документации на предмет включения в них всех требований нормативной документации. Приемочные испытания могут быть государственными, межведомственными и ведомственными. Комиссия для проведения испытаний назначается вышестоящей организацией.

За обеспечение документацией и организацию предварительных и приемочных испытаний отвечает главный конструктор предприятия.

При положительном исходе приемочных испытаний комплект нормативной и ремонтной документации с актом приемочных испытаний передают в отдел главного технолога (ОГТ) для последующей технологической подготовки.

## Глава 4

# ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ПОДГОТОВКА РЕМОНТНОГО ПРОИЗВОДСТВА

### 4.1. СОДЕРЖАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ

#### 4.1.1. Определение, цель и содержание технологической подготовки

Создание или совершенствование материальной базы ремонтного производства или его участков происходит в результате технологической подготовки. Качественные изменения ремонтного производства происходят за счет такой технологической подготовки, которая использует достижения фундаментальных наук с внедрением принципиально новых средств и процессов ремонта. Эта подготовка становится необходимой при освоении ремонта изделия нового вида, увеличении объема выпуска освоенных изделий, для сокращения расхода производственных ресурсов, повышения производительности труда и качества продукции. Последняя потребность возникает в случае уменьшения значений показателей качества отремонтированных изделий относительно соответствующих нормативных значений.

*Технологическая подготовка* ремонтного производства – это множество работ, которое выполняется силами технологической службы завода и собственного вспомогательного производства и приводит основное производство в состояние технологической готовности к ремонту изделий определенного вида и комплектности, с заданной производительностью к установленному сроку с нормативными значениями показателей качества и с наименьшими затратами.

Основная задача технологической подготовки ремонтного производства заключается в создании системы средств ремонта – материальной основы производства. В результате технологической подготовки работники высвобождаются в их мускульных и умственных усилиях из трудового процесса техническими устройствами, потребляющими энергию неживой природы. Соотношение цели, задач и функций технологической подготовки ремонтного производства представлено в таблице 4.1.

*Признаки технологической готовности* производства [18; 45]:

- подготовлено производственное помещение с инженерными сетями для подвода производственных ресурсов и отвода отходов, вентиляцией, отоплением и освещением;
- установлены и введены в эксплуатацию средства ремонта, разработаны и имеется комплект технологической документации на все операции ремонта;

- установлены и введены в эксплуатацию транспортирующие средства;
- отремонтирована первая партия изделий;
- доказана возможность достижения с заданной производительностью требований, установленных ремонтной документацией к отремонтированной продукции.

Таблица 4.1

Цель, задачи и функции технологической подготовки ремонтного производства

Показатели	Содержание показателей
Цель	Достижение готовности производства к ремонту изделий определенного вида, заданного объема к установленному сроку
Критерии оптимизации	Затраты: финансовые, трудовые, материальные, энергетические, временные
Задачи	Планирование и организация технологической подготовки
	Разработка технологической документации
	Проектирование СТО
	Создание и приобретение СТО
	Подготовка производственной площадки с инженерными сетями
	Создание средств перемещения ремонтируемых объектов
	Ввод в эксплуатацию СТО
Функции	Планирование мероприятий, доведение их до исполнителей, контроль и корректирование
	Разработка маршрутных и операционных карт и ведомостей
	Проектирование оборудования, приспособлений и инструментов, изготавливаемых в собственном вспомогательном производстве
	Изготовление и приобретение СТО, средств по переработке отходов и перемещению предметов ремонта
	Разработка планировок производственных участков
	Подготовка помещений, изготовление фундаментов, прокладка инженерных сетей
	Монтаж оборудования, установка оснастки, испытания, доработка и ввод в эксплуатацию СТО

Связное множество работ по приведению ремонтного производства в состояние технологической готовности представим в виде схемы сетевого графика (рис. 4.1).

Технологическую подготовку начинают с приобретения конструкторской документации завода-изготовителя, что составляет событие 1. Комплект чертежей содержит описание всех деталей и сборочных единиц с указанием материалов, размеров, точностных параметров, твердости поверхностей и других технических требований. Эти чертежи будут превра-

шны в ремонтную документацию. События 2 и 3 предполагают изучение опыта предприятий по изготовлению и капитальному ремонту однотипных предметов ремонта.

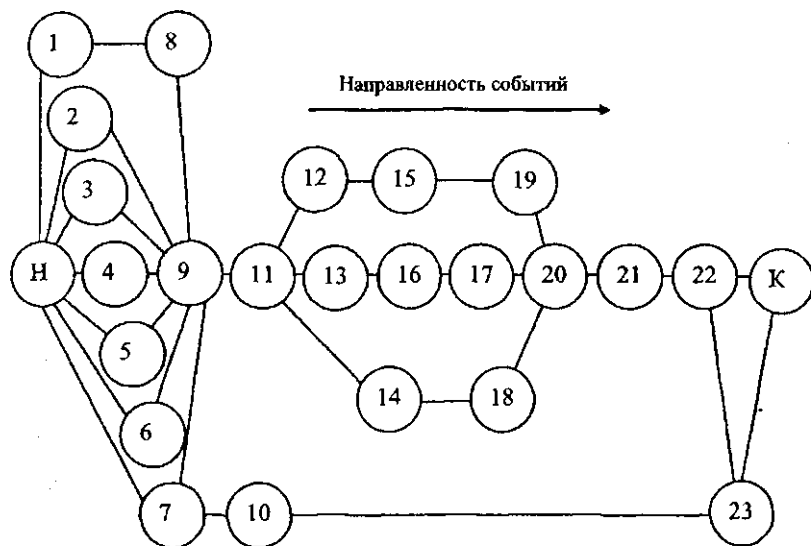


Рис. 4.1. Сетевой график технологической подготовки авторемонтного производства:

Н и К – начало и конец технологической подготовки авторемонтного производства;

1 – обеспечение конструкторской документацией; 2, 3 – изучение производства по изготовлению, капитальному ремонту автомобилей соответственно;

4 – исследование технического состояния ремонтного фонда;

5 – изучение рынка товарной продукции (маркетинг);

6 – научно-исследовательская подготовка; 7 – обеспечение нормативной документацией;

8 – составление картотеки деталей и сборочных единиц предмета труда;

9 – разработка технологической документации с литерой «РО»;

10 – разработка материальных нормативов;

11 – составление картотеки технологических процессов, средств ремонта и рабочих мест;

12 – составление ведомости покупных средств ремонта;

13 – составление ведомости средств ремонта собственного изготовления;

14 – разработка технологических планировок; 15 – составление заявок на приобретение средств ремонта; 16 – проектирование средств ремонта собственного изготовления;

17 – изготовление средств ремонта; 18 – подготовка производственной площадки под установку оборудования; 19 – приобретение средств ремонта; 20 – монтаж средств

ремонта; 21 – испытание, доводка и ввод в эксплуатацию средств ремонта;

22 – доработка технологической документации с присвоением литеры «РА»;

23 – уточнение материальных нормативов

Исследование деталей ремонтного фонда на предмет выявления множества повреждений (событие 4), их характеристик и сочетаний необходимо для выбора способа восстановления деталей и определения его трудоемкости и себестоимости.

Событие 6 выражает научно-исследовательскую подготовку производства в деле исследования и создания новейших технологических процессов и СТО.

Нормативная документация (наличие ее определяется как событие 7) – это все стандарты и директивные материалы, на которые имеются ссылки в технической документации. Список нормативной документации уточняют и дополняют по мере разработки ремонтной и технологической документации.

В картотеке деталей и сборочных единиц предмета ремонта (событие 8) учтены их структура, состояние ремонтного фонда и готовой продукции.

Вершина 9 графика как событие, определяющее разработку технологических процессов, синтезирует ранее выполненные работы. Технологические способы, принятые на этой стадии, будут определять качество и трудоемкость ремонта, эффективность производства.

Для реализации способов будут закуплены и изготовлены СТО, составлены технологические планировки, подготовлены производственные площади, поэтому технические решения, принятые на этой стадии, должны быть всесторонне обоснованы.

Разработка материальных нормативов (событие 10) необходима для заказа материалов и запасных частей.

Событие 11 – разработка картотеки технологических процессов, СТО и рабочих мест – необходимо для планирования работ по технологической подготовке ремонтного производства и определения их объема.

Вершины 12, 15 и 19 определяют работы по приобретению покупного оборудования, а вершины 13, 16 и 17 – работы по проектированию и изготовлению СТО в собственном вспомогательном производстве. Последние работы недостаточно оценены в литературе по ремонту машин, хотя отдельные участки почти полностью оснащены средствами собственного изготовления.

Параллельно с приобретением, проектированием и изготовлением СТО разрабатывают технологические планировки участков (событие 14) и готовят производственные площади с инженерными сетями (событие 18).

Вершины 20 и 21 определяют монтаж и ввод в эксплуатацию СТО. На этой стадии технологической подготовки ремонтного производства монтируют установочную партию изделий, испытывают СТО, выявляют и

устраняют недостатки средств ремонта, вводят коррективы в разработанную технологическую документацию и планировку (вершина 22) и уточняют материальные нормативы (событие 23). *Ввод в эксплуатацию* средств ремонта (в соответствии с ГОСТ 25865-83) – это событие, фиксирующее готовность СТО к использованию по назначению и документально оформленное в установленном порядке.

Исполнителями работ технологической подготовки ремонтного производства являются: 1, 7 – ОГК; 4, 8...16, 21...23 – ОГТ; 5 – служба маркетинга; 6 – научные организации; 17, 21 – ИУ; 18 – РСУ; 19...21 – ОГМ и ОГЭ. Наибольший объем инженерных работ приходится на технологов и конструкторов ОГТ.

Факт технологической готовности производства оформляется актом: отдел главного технолога и службы вспомогательного производства сдают участок (рабочее место) персоналу основного производства.

#### 4.1.2. Объемы технологической подготовки

Технологическая подготовка производства к ремонту машин связана в основном с приобретением, проектированием и изготовлением множества СТО. Универсальное и специализированное оборудование приобретают для механической и термической обработки, обкатки и динамической балансировки, точных измерений и преобразования энергии. Остальные средства создают во вспомогательном производстве ремонтных заводов.

Силами вспомогательного производства, например, при освоении ремонта двигателя новой модели, создают 50...300 единиц оборудования, которым почти полностью оснащены разборочно-очистной, комплектовочно-сборочный, окрасочный и испытательный участки. Несколько тысяч приспособлений расширяют технологические возможности приобретенного оборудования. Многие операции оснащены контрольно-измерительными средствами. Трудоемкость изготовления СТО составляет 100...350 тыс. чел.-ч, что соответствует более чем полугодовому объему трудоемкости основного производства. Наблюдается корреляция между трудоемкостью создания СТО и массой ремонтируемого объекта.

Были изучены объемы и содержание технологической подготовки к ремонту различных двигателей на ремонтных заводах Беларуси: Полоцком и Лидском АРЗ, Могилевском и Витебском МРЗ (табл. 4.2). Материалы накапливались в течение всей технологической подготовки. Длительность ее к ремонту агрегатов различных моделей составляла 1...7 лет. В последнее время эта величина сократилось до 0,5...2,0 лет. Разработка и изготовление СТО разделены временным отрезком в 1...3 месяца.

Таблица 4.2

Объемы технологической подготовки ремонтного производства  
(по данным обследования ремонтных заводов)

Показатели технологической подготовки ремонтного производства	Заводы, марки двигателей						
	Полоцкий АРЗ				Лид- ский АРЗ	Могил- евский МРЗ	Витеб- ский МРЗ
	ГАЗ- 52	ЗМЗ- 53	ЗМЗ- 24	УМЗ- 451М	ЗИЛ- 130	ЗМЗ- 53	Д- 240
Объемы ремонта (тыс. ед.)	28	16	1,5	6,2	5,0	8,0	1,1
Количество технологических машин (ед.)	310	245	55	70	80	92	40
Количество приспособлений (тыс. ед.)	2,9	2,7	1,2	1,7	2,1	2,3	0,8
Трудоемкость проектирования (тыс. чел.-ч)	64	55	17	29	75	48	52
Трудоемкость создания СТО (тыс. чел.-ч)	245	197	49,9	75,4	190	170	340
Распределение трудоемкости на создание СТО (%):							
- разборочных	3,2	3,1	3,4	3,5	4,7	3,2	6,6
- очистных	6,6	6,7	6,5	6,7	7,9	7,2	7,8
- для определения повреждений деталей	2,1	1,8	1,4	1,3	1,5	1,4	1,5
- для восстановления деталей	62,8	61,7	64,9	63,3	54,7	61,8	51,2
- комплекточных	2,2	2,2	2,3	2,4	2,7	2,3	2,8
- сборочно-балансировочных	17,1	18,3	15,3	16,4	24,1	17,8	23,9
- окрасочных	0,8	0,8	0,7	0,6	0,6	0,7	0,5
- обкаточно-испытательных	5,2	5,4	5,5	5,5	5,8	5,6	5,7
Расход металла (т)	150	120	35	50	200	120	250
Длительность (месяцев)	80	60	8	15	50	35	65

Выборка из таблицы 4.2 в части технологической подготовки к ремонту двигателей ЗМЗ-53 на Полоцком заводе «Проммашремонт» приведена на рисунке 4.2. Наблюдается устойчивое постоянство в распределении трудоемкости изготовления СТО для основных технологических процессов вне зависимости от марок агрегатов и заводов, выполняющих технологическую подготовку к их ремонту.

Распределение доли трудоемкости на создание СТО следующее (%): разборочных (3,1...6,6); очистных (6,5...7,8); для определения технического состояния деталей (1,3...2,1); для восстановления деталей (51,2...64,9);



комплектующих (2,2...2,8); сборочно-балансировочных (15,3...24,1); окрасочных (0,5...0,8); обкаточно-испытательных (5,2...5,8). Наибольшая доля средств создается для нанесения и обработки восстановительно-упрочняющих покрытий.

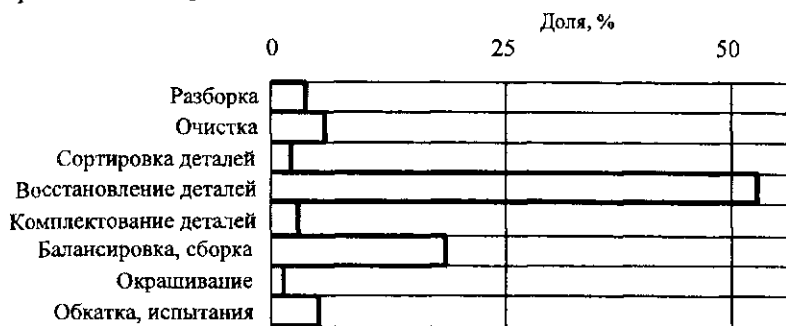


Рис. 4.2. Распределение трудоемкости технологической подготовки к ремонту двигателей ЗМЗ-53 (объем 16 тыс. в год) по видам технологических воздействий

Чем больше масса ремонтируемого изделия и меньше объемы его ремонта, тем меньшая доля трудоемкости технологической подготовки приходится на процессы восстановления деталей. При малых объемах ремонта больше расходуют запасных частей на замену изношенных деталей. К сожалению, ни на одном из ремонтных заводов не налажен учет стоимости основных фондов, создаваемых в собственном вспомогательном производстве, поэтому не удалось оценить соотношение стоимости средств ремонта приобретенных и изготовленных на заводах.

#### 4.2. РАЗРАБОТКА И ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Технологический процесс ремонта (восстановления) изделия содержит описание действий рабочих и СТО над этим изделием с целью достижения параметров его качества, которые определены ремонтной документацией. Технологический процесс разрабатывают на основе передовых и производительных способов обработки с учетом типа производства и имеющегося оборудования. Технолог обеспечивает ограничения по качеству продукции и объему ее выпуска при минимальных затратах производственных ресурсов.

#### **4.2.1. Исходные данные и последовательность проектирования технологического процесса**

Исходные данные для разработки технологического процесса ремонта изделия включают: виды и объемы выпуска продукции; ремонтный чертеж изделия; технологические процессы изготовления изделия на заводе-изготовителе; сведения о поврежденных деталях и их частоте.

При разработке технологического процесса используют информацию, которая в зависимости от обязательности применения и содержания делится на базовую, руководящую и справочную.

*Базовая* информация включает сведения о видах и об объеме выпуска продукции, технические условия, рабочие и ремонтные чертежи, данные об оборудовании и оснастке.

*Руководящая* информация – это государственные и отраслевые стандарты, стандарты предприятия, руководства по капитальному ремонту отдельных машин или их агрегатов, классификаторы, нормативы и нормы, технологические и организационные инструкции, документация по охране труда и окружающей среды.

*Справочная* информация – это отчеты о научно-исследовательских работах, технологическая документация опытного производства, справочники, каталоги оборудования, приспособлений и инструментов, планировки участков, различные методические материалы.

Традиционное проектирование технологического процесса включает:

- анализ исходных данных;
- выбор аналога процесса из числа действующих и его анализ;
- выбор технологических баз;
- составление технологического маршрута;
- разработка технологических операций;
- нормирование технологического процесса;
- определение требований охраны труда и окружающей среды;
- расчет экономической эффективности технологического процесса;
- оформление технологического процесса.

#### **4.2.2. Структура технологического процесса, его синтез и оптимизация**

Структура технологического процесса имеет три составляющие: функциональную, временную и пространственную.

*Функциональная составляющая* определяет состав действий по преобразованию изделия из одного состояния в другое; *временная* – последовательность элементов технологического процесса; *пространст-*

венная – размерные и точностные связи между базовыми и обрабатываемыми поверхностями.

Для оценки принимаемых решений используют локальные и глобальные критерии. *Локальные критерии* оценивают расход производственных ресурсов (материальных, энергетических и трудовых), синхронность операций по штучному времени, кратность стойкости режущего инструмента, длину транспортных перемещений, использование унифицированных элементов средств и процессов и др. *Глобальные* – себестоимость или время ремонта изделий.

Имеются два основных метода проектирования технологического процесса: метод *заимствования* основан на использовании процессов и их элементов, имеющихся в заводских архивах. Хотя полученный процесс основан на проверенных решениях, однако новые решения в нем отсутствуют; метод *синтеза* основан на составлении технологического процесса из частей с использованием новых элементов и их связей с применением логических правил и аналитических зависимостей. Синтез предполагается как с использованием аналогов, так и без них. При использовании аналогов в технологические процессы включают новые операции или существенно изменяют их последовательность. С помощью синтеза получают новые технические решения. *Оптимизация* как поиск наилучшего технологического процесса во время его синтеза заключается в следующем: из числа возможных типов и видов технологических операций, образующих процесс, найти такую их последовательность, которая обеспечивает установленные ограничения по производительности и качеству с наименьшими затратами.

Связное множество операций процесса ремонта (восстановления) изделия выбирают из графа (рис. 4.3), составленного из вершин и дуг.

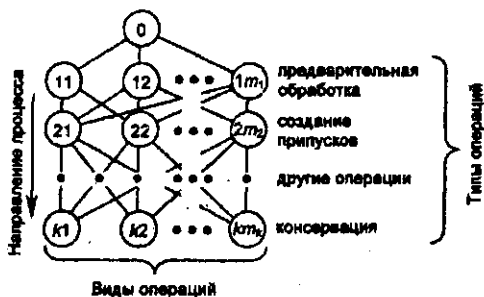


Рис. 4.3. Граф вариантов технологического процесса (на примере восстановления детали): 1, 2, ..., k – типы операций; m<sub>1</sub>, m<sub>2</sub>, ..., m<sub>k</sub> – количество видов операций каждого типа

Каждый горизонтальный ярус вершин графа – это  $i$ -е подмножество однотипных технологических операций ( $i = 1 \dots k$ ). Операция первого типа представлена  $m_1$  ее видами, операция второго типа –  $m_2$  ее видами и т. д., а операция  $k$ -го типа (нижняя строка графа) –  $m_k$  ее видами. Так, например, операция типа «нанесение покрытия» при восстановлении детали может быть представлена такими видами: наплавка, напыление, химическое или электрохимическое нанесение и др. Виды технологических операций выбирают из учебников и справочников, а также из логических и эвристических представлений о различных способах преобразования энергии и материи, использования новых материалов и различных физических эффектов и их различных сочетаний. В граф включают лишь те операции, которые обеспечивают установленные ограничения по качеству и производительности.

Число ярусов вершин в общем виде равно числу типов технологических операций, составляющих технологического процесса. Однако следующие друг за другом операции могут быть несовместимы или исключать друг друга. Например, нанесение покрытий с высокой твердостью исключает поверхностную закалку.

Каждая составляющая операция технологического процесса необходима, а все вместе они достаточны для приведения ремонтируемого (восстанавливаемого) изделия в состояние, которое определено ремонтной документацией.

Длину каждой дуги графа определяют как затраты на подготовку и выполнение последующей операции, отнесенные к одному изделию.

Таким образом, множество вершин графа, построенного по правилам «морфологического» анализа, соответствует множеству образующих его возможных операций, а множество дуг – затратам на подготовку и выполнение последующих операций.

Связное подмножество вершин, взятых по одной из каждого ряда графа, определяет один вариант технологического процесса. Множество вариантов процесса равно произведению  $m_1 \times m_2 \times \dots \times m_k$ . Несовместимость некоторых операций между собой сокращает количество вариантов процесса.

Оптимизация процесса выражается в поиске кратчайшего пути из фиктивной вершины  $O$  в одну из вершин нижнего яруса графа, а подмножество вершин на этом пути определяют оптимальный состав операций технологического процесса.

Кратчайший путь  $Z_{i+1}$  между указанными вершинами определяют с помощью принципа оптимальности Р. Беллмана [13], используя свойство аддитивности целевой функции по составным частям процесса.

Решают рекуррентное уравнение в каждой вершине графа:

$$Z_{i+1} = \min (\text{по всем вершинам графа}) [Z_{(i+1)-1} + Z_i], \quad (4.1)$$

где  $i$  – операции процесса в ярусах графа;  $Z_i$  – затраты на выполнение  $i$ -й операций при условии, что соответствующий участок графа выбран оптимальным образом;  $Z_{i+1}$  – затраты, отнесенные к  $i+1$  операциям;  $Z_{(i+1)-1}$  – затраты, отнесенные к присоединению  $(i+1)$ -й операции процесса к  $i$  его операциям.

Принцип оптимальности заключается в том, что, каково бы ни было состояние системы в результате определенного числа шагов, последующее управление на ближайшем шаге выбирают таким образом, чтобы оно в совокупности с оптимальным управлением на всех последующих шагах приводило к максимальному выигрышу на всех оставшихся шагах, включая данный. Выбранные на графе направления движения из его вершин обозначают стрелками. Эти связи обуславливают оптимальные сочетания операций на предыдущих шагах с операцией на последующем шаге. Расчеты при этом ведутся от вершин нижнего их яруса к вершине  $O$ . В вершины графа вписывают значения  $Z_{i+1}$ . Двигаясь в найденных направлениях из вершины  $O$  графа через одну из вершин каждого яруса графа, находят сочетание операций, которое при прочих равных условиях обеспечивает наименьшие затраты на выполнение технологического процесса. Соответствующее значение целевой функции читают в верхней вершине графа.

#### 4.2.3. Пример синтеза и оптимизации технологического процесса

Рассмотрим процесс восстановления гильзы цилиндра автомобильного двигателя ЗМЗ-53. Материал детали – СЧ18 или износостойкий чугун ИЧГ-33М. Устраняемые повреждения – износы зеркала цилиндра и наружной цилиндрической поверхности пояса. Требования к восстановлению: твердость поверхности 170...240 НВ, допуски на диаметр цилиндра  $+0,06$  мм и диаметр пояса  $-0,02$  мм, нецилиндричность поверхности зеркала цилиндра 0,008 мм, биение поверхности пояса относительно поверхности цилиндра 0,08 мм.

Морфологическая матрица и соответствующий граф вариантов технологического процесса с затратами на подготовку и выполнение операций представлены в таблице 4.3 и на рисунке 4.4. Значения дуг графа приведены в их разрывах. По существу, это значения затрат  $Z_{(i+1)-1}$ , которые входят составной частью в рекуррентное уравнение (4.1).

Расчеты начинают с определения минимального значения функции  $Z_{n+1}$  в вершинах предпоследнего 6-го яруса графа, потому что значения затрат  $Z_i$  ниже 7-го яруса графа формально равны нулю.

Таблица 4.3

Морфологическая матрица составляющих операций технологического процесса восстановления гильзы цилиндра

Операции		Координаты вершин	Затраты, бел. руб.
тип	вид		
Создание припуска на обработку зеркала цилиндра	Использование поверхностного изношенного слоя	2a	0
	Установка листовой ДРД	2б	61,7
	Термопластическое обжатие	2в	17,4
	Индукционная наплавка	2г	104,7
	Железнение	2д	67,3
Создание припуска на обработку центрирующего пояса	Электродуговое напыление	3б	11,3
	Железнение	3г	23,4
Черновая обработка центрирующего пояса	Точение	4в	8,1
Черновая обработка зеркала цилиндра	Растачивание	5б	24,0
	Хонингование	5в	26,8
	Шлифование	5г	31,5
Чистовая обработка зеркала цилиндра	Хонингование	6в	23,2
Чистовая обработка центрирующего пояса	Шлифование	7б	12,7
	Точение резцами из сверхтвердых материалов	7г	7,4

Сравнение между собой длин дуг  $6в - 7б$  и  $6в - 7г$  дает основание выбрать направление движения вдоль второй дуги и ориентировать ее стрелкой в вершину  $7г$ , а в вершину  $6в$  вписать минимальное значение функции 7,4 руб.

Рассмотрим вершины 5-го яруса. Вариантов движения из них нет, поскольку из каждой вершины выходит одна дуга. Все дуги помечаем стрелками, а в вершины вписываем сумму 30,6 руб. Из вершины  $4в$  возможно три пути движения, но выбран путь  $4в - 5б - 6в - 7г$ , потому что он дает минимальное значение  $Z_{n+1} = 54,6$  руб. Дугу  $4в - 5б$  помечаем стрелкой.

Результаты рассмотрения значений функции  $Z_{n+1}$  в вершинах  $3б$  и  $3г$  аналогичны полученным ранее результатам рассмотрения вершин 5-го яруса.

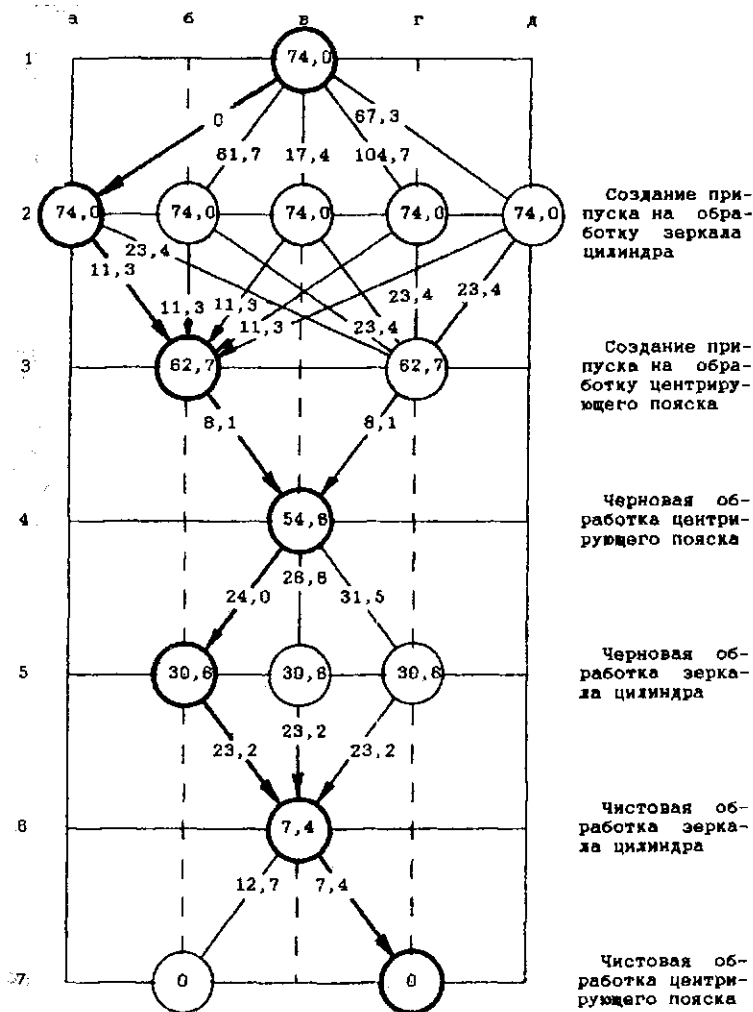


Рис. 4.4. Граф вариантов технологического процесса восстановления гильзы цилиндра

Из каждой вершины 2-го яруса возможно движение в одну из двух вершин 3-го яруса. Определим возможные пути движения из вершин 2а, 2б и 2в парным сопоставлением значений функции  $Z_{H1}$ . Эти значе-

ния учитывают длины дуг, исходящих из этих вершин и направленных в вершины 3б и 3г. Все дуги со стрелками сходятся в вершине 3б.

Из вершины 1в возможно пять путей движения в вершины 2-го яруса, однако самый короткий путь в вершину последнего яруса проходит через вершину 2а.

Минимальное значение функции  $Z_{i+1}$ , равное 74 руб., определяет стоимость восстановления детали с применением технологического процесса, который описывается сочетанием операций 1в – 2а – 3б – 4в – 5б – 6в – 7г и состоит из электродугового напыления и точения пояска, растачивания и хонингования под ремонтный размер зеркала цилиндра и точения пояска резцами из сверхтвердых материалов.

Припуск на механическую обработку зеркала цилиндра за счет использования поверхностного изношенного слоя металла имеется лишь на заготовках, которые не исчерпали ремонтных размеров. В другом случае необходимо создавать припуск нанесением покрытия, установкой дополнительной ремонтной детали (ДРД) или пластическим деформированием материала заготовки.

Мысленно исключим из графа вершину 2а и связанные с ней дуги.

Если повторить расчет сначала, то для графа нового содержания оптимальный технологический процесс описывается признаками 1в – 2в – 3б – 4в – 5б – 6в – 7г и состоит из термопластического обжатия заготовки, электродугового напыления и точения пояска, растачивания и хонингования под номинальный размер зеркала цилиндра и точения пояска резцами из сверхтвердых материалов. Стоимость восстановления гильзы цилиндра в этом случае составляет 91,4 руб.

Таким образом, рассматриваемый метод выбора технологического процесса основан на учете многообразия освоенных и гипотетически возможных составляющих операций создания ремонтных заготовок, обработки и упрочнения, удовлетворяет установленным ограничениям по качеству и производительности и обеспечивает наименьшие затраты на свою реализацию. Если производственные возможности предприятия не позволяют внедрить предложенный процесс, то путем исключения его неосуществимых признаков можно найти другой процесс, наиболее близкий к оптимальному решению.

Изменяющееся соотношение затрат на материалы, энергию и заработную плату и появление новых технических решений требуют периодического пересмотра результатов оптимизации.



## 4.3. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ

### 4.3.1. Виды и содержание технологических документов

*Технологический документ* – это документ, который отдельно или в совокупности с другими документами определяет технологический процесс или операцию ремонта (восстановления) изделия. Технологический документ содержит сведения о типе и модели применяемого оборудования, последовательности операций и переходов, базах и способах установки изделий, приспособлениях и инструменте. В нем определены мероприятия по охране труда и в ряде случаев назначены технологические режимы, рассчитаны материальные и трудовые нормативы.

Документы на технологические процессы оформляют в соответствии с требованиями стандартов ЕСТД. Основные технологические документы бывают *общего* и *специального* назначения. К первым относят: титульный лист, карту эскизов и технологическую инструкцию. Ко вторым относят: карты (маршрутную, технологического, типового (группового) процесса, операционную, наладки, комплектовочную и др.), ведомости оснастки, оборудования и материалов и другие.

Технологические документы делят на текстовые и графические.

*Текстовые документы* содержат в основном сплошной текст или текст, разбитый на графы, разделы и подразделы. При разработке текстовых документов в зависимости от вида и характера производства применяют следующие виды описания технологических процессов: маршрутное, операционное и маршрутно-операционное. *Маршрутное* описание технологического процесса включает сокращенное описание всех технологических операций в маршрутной карте в последовательности их выполнения без указания переходов и технологических режимов. *Операционное* описание технологического процесса включает полное описание всех технологических операций в последовательности их выполнения с указанием переходов и технологических режимов. *Маршрутно-операционное* описание технологического процесса включает сокращенное описание технологических операций в маршрутной карте в последовательности их выполнения с полным описанием отдельных операций в других технологических документах. При разработке технологических процессов ремонта в основном применяют их маршрутно-операционное описание.

*Графические документы*, содержащие изображение изделия, служат наглядной дополнительной информацией к текстовым документам для иллюстрации выполняемых действий. К графическим документам относят эскизы на изделия или на их составные части, технологические установы и

позиции, технологические схемы (кинематические, электрические, гидравлические и пневматические), графики и др.

К документам маршрутного и маршрутно-операционного описания допускается не разрабатывать эскизы, а применять соответствующие конструкторские документы, оформленные в соответствии с требованиями стандартов ЕСКД.

Совокупность технологических документов, необходимых и достаточных для выполнения технологического процесса или операции, представляет собой *комплект* документов технологического процесса (операции).

Последовательность прохождения изделия по подразделениям завода при выполнении технологического процесса ремонта (восстановления) этого изделия представляет собой технологический маршрут.

Технологические документы оформляют на бланках, соответствующих типу производства и видам обработки изделий. Информацию излагают на листах стандартных формы и размеров. Предусмотрены формы с вертикальными и горизонтальными полями подшивки для описания единичных, типовых и групповых технологических процессов, выполняемых различными методами обработки.

Изображение изделия на эскизе содержит размеры, предельные отклонения, обозначения шероховатости, баз, опор, зажимов и установочно-зажимных устройств, необходимых для выполнения операций, для которых разработан эскиз. Изделия на эскизах изображают с примерным соблюдением пропорций, в рабочем положении на операции. Все размеры или конструктивные элементы нумеруют арабскими цифрами. Обрабатываемые поверхности обводят линией двойной толщины. Номера размеров проставляют в окружности диаметром 6...8 мм и соединяют с размерной или выносной линией. Номера проставляют по часовой стрелке, начиная с левой верхней части эскиза. При этом значения размеров и предельных отклонений обрабатываемой поверхности в тексте содержания операции не указывают. Графические обозначения опор, зажимов и установочных устройств приведены в ГОСТ 3.1107-81.

Воздействия на ремонтируемый объект записывают в технологической последовательности операций, переходов, приемов работ и физических и химических процессов. Операции нумеруют числами ряда арифметической прогрессии (5, 10, 15 и т. д.), допускается к числам слева добавлять нули, переходы – числами натурального ряда (1, 2, 3 и т. д.), а установки – прописными буквами русского алфавита (А, Б, В и т. д.). Для обозначения позиций и осей применяют римские цифры.

Технические требования к изделию оформляют по ГОСТ 2.316-68.

При изложении технологических процессов информацию вносят построчно. Для изложения технологического процесса в маршрутной карте предусмотрен ряд типов строк, каждому из которых соответствует свой служебный символ (табл. 4.4).

Таблица 4.4

Информация технологического документа, определяемая служебными символами

Служебный символ	Содержание информации, вносимой в графы, расположенные на строке
А	Номер цеха, участка, рабочего места, номер, код и наименование операции (для форм с горизонтальным полем подшивки)
Б	Код, наименование оборудования и информация о трудозатратах (для форм с горизонтальным полем подшивки)
В	Номер цеха, участка, рабочего места, номер, код и наименование операции (для форм с вертикальным полем подшивки)
Г	Обозначение документов, применяемых для выполнения операции (для форм с вертикальным полем подшивки)
Д	Код, наименование оборудования (для форм с вертикальным полем подшивки)
Е	Информация о трудозатратах (для форм с вертикальным полем подшивки)
К	Информация по комплектации изделия (для форм с горизонтальным полем подшивки)
М	Информация о материале
О	Содержание операции
Т	Информация об оснастке
Л	Информация по комплектности изделия (для форм с вертикальным полем подшивки)
Н	Информация по комплектности изделия с указанием, откуда поступают его составные части (для форм с вертикальным полем подшивки)

Служебные символы предназначены для обработки содержания информации средствами автоматизации. Очередность заполнения служебных символов определена ГОСТ 3.1118-82. Строки разделяют на графы вертикальными отрезками прямой линии длиной 0,5...1,5 мм. Для различных документов предусматривают графы разной длины, которые нумеруют. Документ принимает структуру таблицы. Служебные символы условно выражают состав информации, размещенной в графах данного типа строки. В качестве обозначения служебных символов приняты буквы русского

алфавита, проставляемые перед номером соответствующей строки прописными буквами, например, М01, А12, и т. д. Эти символы проставляют на строках ниже граф, в которых указаны их наименования и обозначения. Информация, которую вносят в соответствующие графы документа, и последовательность заполнения этой информации для каждой операции определена ГОСТ 3.1118-82.

Применительно к обработке резанием правила оформления технологических документов изложены в ГОСТ 3.1404-86, общие требования к формам, бланкам и документам – в ГОСТ 3.1104-81, а комплектность документов – в ГОСТ 3.1119-83. Правила записи операций и переходов для обработки резанием приведены в ГОСТ 3.1702-79.

Маршрутная карта содержит сведения о всём технологическом процессе. Информацию на строках, имеющих служебный символ *O*, приводят в технологической последовательности по всей длине строки с возможностью переноса на следующие строки. Содержание операции включает действия исполнителя, окончательные параметры изделия и его комплектующие части. В маршрутной карте название операций записывают в форме прилагательного к слову «операция» и приводят краткое содержание работ. Операция получает название от наименования того оборудования, на котором она выполняется. Краткую запись содержания операции делают с указанием вида обработки и обрабатываемых поверхностей. Информацию в строках, имеющих служебный символ «Т», приводят в следующей последовательности: приспособления, вспомогательный инструмент, режущий инструмент, средства измерений.

При разработке типовых и групповых технологических процессов в маршрутной карте указывают только постоянную информацию, относящуюся ко всей группе изделий.

Операционная карта описывает одну операцию. Применительно к механической обработке в ней указывают: наименование изделия и детали; материал заготовки, его твердость; наименование и модель станка, сведения о приспособлениях; способ установки заготовки; содержание переходов с указанием режимов обработки; наименование режущего инструмента и средств измерений; машинное и вспомогательное время обработки. Состав сведений должен быть достаточным для выполнения операции с необходимым качеством.

Запись содержания перехода включает:

- ключевое слово из рекомендуемых, характеризующее способ обработки и выраженное глаголом в неопределенной форме (например, точить, сверлить и т. д.);

- наименование обрабатываемой поверхности конструктивных элементов или предметов производства (например, цилиндр, галтель и т. д.);
- информацию о размерах или их условных обозначениях и конструктивных элементах;
- дополнительную информацию, характеризующую количество одновременно или последовательно обрабатываемых поверхностей, характер обработки (например, предварительно, одновременно, по копиру и т. д.).

При записи содержания операции используют полную или сокращенную форму. Полную форму записи выполняют при отсутствии графических изображений и для комплектного отражения всех действий, выполненных исполнителями. Сокращенную запись выполняют при наличии графических изображений, которые достаточно полно отражают всю необходимую информацию по обработке.

Содержание перехода в документах приводят по всей длине строки с возможностью переноса информации на последующие строки. В записи информации или перехода не рекомендуется указывать шероховатость обрабатываемых поверхностей.

Запись вспомогательных переходов выполняют в соответствии с записью основных переходов.

Данные о технологической оснастке приводят с использованием классификаторов, стандартов на ее кодирование с указанием наименования. Информацию дают в последовательности, указанной для маршрутной карты. Технологические режимы приводят после записи состава применяемой технологической оснастки.

В технологических документах для каждой операции обязательно приводят требования безопасности труда по ГОСТ 3.1120-83 со ссылками на действующие на данном предприятии инструкции по охране труда (ИОТ), соответствующие требования стандартов ССБТ, санитарные нормы и правила и другие документы. Конкретное изложение требований безопасности в документах зависит от вида опасных и вредных производственных факторов и характера их воздействия на работающих, возможности возникновения пожара или взрыва при выполнении технологического процесса от применяемых материалов, СТО и действий, выполняемых исполнителями. Указывают средства индивидуальной (респираторы, наушники, пинцеты, щипцы и др.) и коллективной (ограждения, экраны, вентиляционные устройства и др.) защиты. Сведения приводят в строках для записи технологической оснастки. Допускается текстовое изложение этих требований. Ссылки на ИОТ делают в графе строки *O* (см. табл. 4.4), следующей за наименованием операции. В карте эскизов делают дополнительные пояснения.

Технологический процесс вначале разрабатывают для ремонта (восстановления) изделия нового вида, а затем совершенствуют с учетом опыта его применения и анализа, а также достижений науки и производства.

Технологическую документацию разрабатывают технологи заводского технологического (технического) отдела или цехового технологического бюро. Работа отдела или бюро планируется и подчинена технологической подготовке производства. Документацию учитывают и хранят в заводском архиве.

*Оформление* технологического документа включает комплекс процедур, необходимых для его подготовки и утверждения в соответствии с порядком, установленным на предприятии.

Технологическую документацию разрабатывают в две стадии: для опытного (литера РО) и серийного производства (литера РА). На первой стадии обычно разрабатывают единичный процесс маршрутного описания. Маршрутная карта является основным и обязательным документом, в котором описывается весь процесс в технологической последовательности.

Маршрутное описание процесса с течением времени превращается в маршрутно-операционное или операционное. Процедура внесения изменений в технологическую документацию стандартизована.

Технологическая документация проходит согласование, технологическую экспертизу и нормоконтроль на предмет обеспечения требований, установленных нормативными и ремонтными документами. На титульном листе имеется согласующая подпись начальника ОТК и утверждающая – главного инженера завода.

#### 4.3.2. Технологическая унификация

Преимущество технических решений в виде технологической *унификации* уменьшает разнообразие процессов и СТО, исключает дублирование работ в технологической подготовке ремонтного производства, уменьшает ее трудоемкость и длительность, расширяет масштабы применения прогрессивных средств и процессов, реализует политику ресурсосбережения и обеспечивает гибкость производства. Основное средство технологической унификации – это уменьшение числа разновидностей технологических процессов, близких по содержанию.

Технологическая унификация становится все более целесообразной по мере накопления технологических документов. Существуют следующие виды технологической унификации: типовая, групповая и модульная.

Первый вид технологической унификации обработки заготовок – типовая. Разработка *типовых* процессов базируется на классификации деталей. Класс представляет собой множество деталей схожей формы, связан-

ных общностью технологических задач. Детали одного класса обрабатывают по типовым технологическим процессам, которые характеризуются единообразием содержания и последовательности выполнения большинства технологических переходов. Типовые технологические процессы для обработки классов конструктивно подобных заготовок предложил профессор А.П. Соколовский [86]. Этот вид унификации получил наибольшее распространение в ремонтном производстве в виде типовых технологических процессов листовой штамповки, нанесения металлических (наплавочных, электрохимических и др.) и лакокрасочных покрытий, обработки заготовок резанием и сборки изделий.

*Групповые* технологические процессы устанавливают одинаковые способы обработки заготовок с одинаковыми технологическими, но разными конструктивными признаками с использованием быстропереналаживаемых СТО. Групповую обработку заготовок предложил профессор С.П. Митрофанов [71, 72, 88].

Принципиальное отличие типовых и групповых процессов друг от друга заключается в том, что типовые процессы характеризуются общностью последовательности и содержания операций при обработке заготовок одного класса, а групповые – общностью оборудования и оснастки при выполнении отдельных операций или при восстановлении группы разнородных деталей. Другими словами, множества изделий при обоих видах унификации обладают одинаковыми технологическими признаками, однако при типовой унификации их множество состоит из изделий с одинаковыми конструктивными признаками, а при групповой унификации – из изделий с разными конструктивными признаками. Классификации и группированию изделий способствует их кодирование.

Работы по разработке типового технологического процесса начинаются с классификации изделий и количественной оценки их полученных классов. Далее выбирают изделие-представитель, в котором имеются все конструктивные элементы изделий класса. Разрабатывают маршрут изготовления, ремонта или восстановления типового изделия, при этом выбирают технологические базы, виды обработки и оборудование. Разрабатывают технологические операции с выбором их структуры, рациональной последовательности переходов и оснастки. Оснастка должна обеспечивать возможность обработки на ней всех изделий класса. Определяют припуски на обработку, ее режимы, материальные и трудовые нормативы.

Правила разработки и применения типовых технологических процессов регламентированы ГОСТ 14.303-83. В маршрутной карте указыва-

ют только постоянную информацию, относящуюся ко всему классу ремонтируемых (восстанавливаемых) изделий. Переменные сведения по различным изделиям класса вводятся в технологическую документацию в виде табличных данных.

Групповой технологический процесс предназначен для совместного изготовления или ремонта группы изделий различной формы в конкретных условиях производства в последовательности технологического маршрута на специализированных рабочих местах. При обработке группы изделий возможна подналадка СТО. Организация группового производства существенно повышает серийность производства.

Особенность образования групп обрабатываемых изделий различной формы состоит в выявлении технологического подобия изделий с учетом основных факторов организации производства. Основой разработки группового технологического процесса и выбора СТО является комплексное изделие. Его конструкция должна содержать основные, подлежащие обработке элементы изделий группы. В качестве комплексного изделия принимают: одно из изделий группы; реально существующее изделие, но отсутствующее в группе; условное изделие. Комплексное изделие может быть заменено двумя или несколькими изделиями группы. Затем разрабатывают маршрут изготовления комплексного изделия, определяют количество и последовательность групповых технологических операций. Рассчитывают точность, производительность и эффективность вариантов групповых технологических процессов, определяют трудовые и материальные нормы. В заключение разрабатывают мероприятия для реализации группового производства и оформляют документацию. Правила разработки групповых технологических процессов определены ГОСТ 14.316-83.

*Модульный* технологический процесс состоит из блоков (модулей), сочетание которых определяется конкретными задачами и условиями производства. Модульный процесс основан на представлении детали совокупностью геометрических модулей, под которыми понимают сочетание поверхностей, предназначенных для совместного выполнения служебной функции. Модульный принцип формирования техники разработал профессор А.Л. Васильев [17], а модульные процессы предложил и развил профессор Б.М. Базров [8, 9].

Множество модулей поверхностей деталей ограничено 26 наименованиями, что открывает дальнейшие перспективы по унификации технологических процессов, оборудования и оснастки при обработке различных деталей за счет разработки модульных технологических процессов.



Модульный технологический процесс представляет собой ряд технологических операций восстановления одного модуля поверхностей. Каждая операция обеспечена соответствующим типовым оборудованием, приспособлениями, инструментами и средствами измерений. Модульный процесс объединяет в себе преимущества единичного процесса (учитывает особенности конкретной детали), типового процесса (сохраняет идею типизации на уровне восстановления модуля поверхностей), группового процесса (объединяет разные детали в группы даже в единичном производстве) и придает процессу гибкость. Основная особенность модульной специализации заключается в применении ограниченного количества модульных технологических операций к восстановлению неограниченного количества деталей. Технологические карты модульного технологического процесса разрабатывают по стандартам предприятия.

Модульный технологический процесс позволяет внедрить поточную организацию восстановления деталей в мелкосерийном и единичном производствах. Производство, построенное на модульном принципе, становится гибким, способным в кратчайшие сроки с минимальными затратами перейти на восстановление деталей новых видов с минимальной трудоемкости технологической подготовки ремонтного производства.

В настоящее время возможность укрупнения ремонтного производства исчерпана, но более глубокая и эффективная унификация процессов и средств на стадии подготовки и организации ремонтного производства может быть достигнута за счет преобразования классификации деталей в классификацию их восстанавливаемых элементов. Многообразие восстанавливаемых объектов при этом существенно сокращается, а организация производства изменяется за счет перехода от индустриального восстановления отдельных деталей или их типовых групп к множеству модульных технологических процессов восстановления отдельных свойств элементов деталей.

Новая концепция технологической подготовки процессов восстановления деталей предусматривает разработку технологических модулей восстановления свойств элементов разнотипных деталей и использование их в процессах восстановления конкретных деталей. Технологический модуль – это связанное множество технологических операций, необходимых для восстановления одного свойства отдельного элемента детали. Системный эффект от применения такого подхода заключается в уменьшении трудоемкости и сроков технологической подготовки производства. Основной методологический принцип концепции заключается в использовании ограниченного количества технологических модульных процессов к восстановлению не-

ограниченного числа деталей. Внедрение концепции модульных технологических операций по восстановлению свойств деталей обеспечивает:

- безусловное достижение нормативного качества восстановления деталей за счет учета всех свойств деталей и восстановления их значений;
- уменьшение трудоемкости работ за счет объективного определения технического состояния деталей, выполнения самого необходимого объема работ по их восстановлению и исключения повторения ряда операций;
- учет повреждений исходных заготовок и планирование объемов восстановления деталей;
- уменьшение производственной площади восстановительного производства за счет сокращения числа участков восстановления деталей, оптимизации их планировок и внедрения модульной технологической оснастки.

Применение модульных технологических процессов наиболее эффективно при подготовке многономенклатурного производства. Это позволяет широкое использование отдельных средств и процессов при ремонте сложной техники. Особую актуальность это направление приобретает в настоящих условиях при отсутствии централизованного финансирования и нежелания нарождающегося бизнеса вкладывать средства в долгосрочные проекты.

Капитальные затраты на создание модульного комплекса оборудования ниже, чем типового оборудования, реконструкция производства может выполняться поэтапно, средства, полученные от эксплуатации первых модулей, могут быть использованы для изготовления нового оборудования. Перепрофилирование производства возможно при его расширении, при этом уменьшаются сроки освоения производства.

Технологическую унификацию процессов выполняют на трех уровнях: государственном, отраслевом и предприятии.

#### **4.4. ОРГАНИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ**

##### **4.4.1. Планирование технологической подготовки производства**

Решение о технологической подготовке производства к ремонту изделий, новых изделий принимают на основании маркетинговых исследований, сопоставлении сроков подготовки производства и времени существования рынка, а также расчета экономических показателей.

Совершенствование средств ремонта и протекающих с помощью их процессов составляет основу соответствующего раздела плана организационно-технических мероприятий. Реализация мероприятий этого раздела обеспечивает до 80 % эффективности всего производства.

Технологическую подготовку ремонтного производства планируют на основании приказа директора или распоряжения главного инженера завода об освоении ремонта изделий с указанием сроков готовности производства. К приказу или распоряжению прилагают план мероприятий по технологической подготовке ремонтного производства (рис. 4.5).

УТВЕРЖДАЮ

Главный инженер ремонтного завода

(подпись, дата)

План мероприятий подготовки производства

к \_\_\_\_\_

(приказ по заводу № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_)  
 (технологический процесс № \_\_\_\_\_)  
 (технологическая планировка № \_\_\_\_\_)

Предмет труда: наименование, номер, эскиз	Технологическая операция: наименование, номер	Средства ремонта: оборудование, приспособления, инструменты; наименование, номер	Мероприятия	
			наименование	трудоемкость, чел.-ч
1	2	3	4	5

(продолжение)

Исполнители, сроки									
ТБ ОГТ	КБ ОГТ	ИУ	ОГМ	ОГЭ	РСУ	ПДО	ОТнЗ	ОМТС	ОК
6	7	8	9	10	11	12	13	14	15

Главный технолог ремонтного завода \_\_\_\_\_  
 (подпись, дата)

Рис. 4.5. Структура плана мероприятий подготовки ремонтного производства:  
 ТБ – технологическое бюро; КБ – конструкторское бюро

План разрабатывают на основании операционного технологического процесса с литерой «П» и технологической планировки создаваемого участка или рабочего места (плана расположения оборудования с точками коммуникационных подводов). План технологической подготовки ремонтного производства содержит проектно-технологические работы, подготовку производственной площади, проектирование и изготовление СТО силами собственного вспомогательного производства, приобретение покупных СТО,

монтаж оборудования с подключением его к цеховым инженерным сетям, испытание и ввод в эксплуатацию СТО. В плане технологической подготовки выдерживают соответствие «предмет ремонта – технологическая операция – СТО – мероприятия – сроки – исполнители». Соответствие элементов плана выражается подчиненностью мероприятий срокам подготовки и требованиям параметров предмета труда, которые установлены ремонтной документацией. Количество и содержание мероприятий без пропусков и повторений выбирают таким образом, чтобы каждое из них было необходимо, а все вместе они были достаточны для обеспечения нормативных значений параметров предмета ремонта, указанных в ремонтных чертежах.

Мероприятия должны быть конкретными, объективными, однозначными, согласованными с исполнителями и должны соответствовать производственным мощностям служб вспомогательного производства. Мероприятия – основные элементы плана технологической подготовки ремонтного производства – содержат формулировки задач, от четкости, полноты и взаимосвязи которых зависит своевременное и полное их выполнение. Правильная постановка задачи – залог успешного ее решения.

Столбец 1 плана мероприятий содержит эскизы предмета ремонта, полученного в результате технологической операции. Заключительный эскиз соответственной чертежу восстановленной детали или отремонтированной сборочной единицы. Последний документ содержит значения показателей точности, физико-механических свойств материалов и функциональных параметров, обеспечивающих нормативную наработку отремонтированных изделий.

Заводские инженерные службы ведут разработку маршрутных и операционных технологических карт (столбец 2), планов расположения оборудования и чертежей СТО собственного изготовления (столбец 3). Деталям соответствуют процессы очистки, определения технического состояния, создания ремонтных заготовок, механической и термической обработки и контроля. Воздействия на сборочные единицы описывают технологическими документами на очистку, диагностирование, разборку, комплектование, сборку, испытание, обкатку, окрашивание и консервацию. В столбец 3 вводят также СТО, приобретенные на стороне и требующие монтажа и ввода в эксплуатацию. Список СТО для каждой операции начинают с оборудования (станка, станда, верстака и т. д.). Список продолжают и завершают приспособления и инструменты. По мере разработки технологических процессов и СТО собственного изготовления в столбцах 2 и 3 рядом с наименованиями появляются номера или шифры разработок.

Принята система кодирования создаваемых СТО, обеспечивающая поиск их чертежей, выбор аналогов и заводскую унификацию. Кодирование СТО производят по их конструкторско-технологическому признаку. Конструкторская часть признака относит СТО к предмету труда, над которым выполняют технологическое воздействие. Предмет труда определяется его видом и моделью. Технологическая часть признака выражает вид технологического воздействия.

Столбец 4 содержит мероприятия по составлению технического задания, проектированию и изготовлению СТО, подготовке производственной площадки, подключения объекта к цеховым инженерным сетям (электрическим кабелям, паровым и газовым трубопроводам, канализации и вентиляции), испытанию и доработке.

За каждым мероприятием закрепляют одного исполнителя. Мероприятия, сгруппированные в блоки по признаку «Исполнитель», вносят в процессор компьютера.

Столбец 5 содержит расчетные значения трудоемкости каждого мероприятия. Сумма трудоемкости по каждому виду работ определяет количество привлекаемых работников и оборудования. Трудоемкость месячного плана согласуют с мощностью производственного подразделения, при этом трудоемкость работ ИУ выражают трудоемкостью слесарно-сборочных работ. Количество исполнителей, обеспечивающих выполнение одноименных работ к установленному сроку, определяют делением соответствующей трудоемкости на время, предшествующее этому сроку.

Сроки разработки технологических процессов отмечают в столбце 6, а чертежей – в столбце 7. Сроки изготовления СТО приводят в столбце 8, а сроки монтажа и подключения оборудования, подготовки производственной площадки с прокладкой подпольных инженерных сетей и изготовлением фундаментов, в столбцах 9, 10 и 11 соответственно.

Выборки мероприятий по признаку «Исполнитель» образуют планы работ технологических и конструкторских бюро, ИУ, ОГМ, ОГЭ и РСУ. Планы имеют 20...30 %-ный резерв на непредвиденные работы и доработку СТО по результатам испытаний. Месячные планы работ, утвержденные главным инженером завода, доводят до подразделений-исполнителей.

#### **4.4.2. Внедрение мероприятий по подготовке ремонтного производства**

Руководит технологической подготовкой производства главный технолог ремонтного завода. Отдел главного технолога имеет в своем составе одно бюро по планированию технологической подготовки производства,

несколько бюро по технологическому проектированию и несколько конструкторских бюро по проектированию средств ремонта.

Взаимодействие между технологами и конструкторами выражается в следующем. Технолог, разрабатывая технологический процесс, определяет средства, которые по тем или иным причинам невозможно приобрести, и готовит технологическое задание на его проектирование. Задание содержит описание всех состояний (начального, промежуточного и конечного) предмета ремонта и множества технологических воздействий на него (функцию средства). По сути, это сведения операционной карты об оборудовании, инструментах, режимах, базах и значениях тех параметров, которые выступают в качестве ограничений. Конструктор, разрабатывая средство ремонта, должен обеспечить работоспособность создаваемого объекта и выдержать ограничения, установленные технологом, при минимальных затратах на ввод в эксплуатацию и функционирование средства.

Система управления технологической подготовкой является координирующим органом, который обеспечивает согласованное функционирование этой подготовки. Эта система связана с системой календарного и оперативного планирования.

Службы вспомогательного производства обеспечивают материальную реализацию мероприятий по профилю своей деятельности.

В объеме технологической подготовки ремонтного производства функции служб вспомогательного производства следующие.

Инструментальный участок изготавливает оборудование и оснастку (в том числе, инструменты), которые не производят специализированные предприятия. Эти средства изготавливают по чертежам конструкторских бюро ОГТ. Инструментальный участок имеет в своем составе заготовительный участок, слесарный, механический, сварочно-термический и инструментальный.

Инструментальный отдел разрабатывает ведомости применяемого инструмента, назначает сроки его службы и графики переточки, организует приобретение инструмента, который изготавливают специализированные предприятия.

Отдел главного механика приобретает покупное оборудование, монтирует оборудование как покупное, так и собственного изготовления и вводит его в эксплуатацию.

Ремонтно-строительный участок готовит производственные помещения и делает фундаменты и колодцы под оборудование.

Все средства, изготовленные во вспомогательном производстве, подлежат испытаниям и, как правило, доработке. При испытаниях устанавли-

дывают соответствие СТО своему функциональному назначению, в том числе обеспечение требуемых параметров предмета труда за установленное время. Испытания организует участок вспомогательного производства – изготовитель СТО, он же организует изготовление или подбор заготовок.

Испытания ведут мастер участка – изготовителя СТО, конструктор – разработчик СТО и технолог – разработчик технологического процесса. Эти лица сдают свою работу комиссии в составе начальника цеха основного производства (руководитель комиссии), метролога, нормировщика и инспектора по охране труда. Под наблюдением комиссии обрабатывают партию деталей (сборочных единиц) по режимам, приведенным в технологической документации. Фиксируют время воздействий и определяют значения параметров предмета труда. При положительном исходе испытаний подписывают акт внедрения СТО в производство. При отрицательном результате испытаний конструктор, технолог и мастер анализируют результат, составляют акт испытаний, вписывают в него достигнутые значения режимов воздействий и параметров предмета труда и назначают время очередного испытания. Конструктор вносит изменения в чертежи средства, по которым в свою очередь участок-изготовитель вносит изменения в само средство. Для более быстрой и оперативной подготовки производства желательно в составе технологической лаборатории иметь станки распространенных моделей основного производства для испытания и доработки технологической оснастки.

#### **4.4.3. Контроль хода технологической подготовки производства**

В результате реализации мероприятий технологической подготовки ремонтного производства возникают причины объективного и субъективного характера, которые мешают своевременному достижению технологической готовности производства – это нехватка или отсутствие материалов, оборудования, исполнителей, документации, а также ошибки, слабая исполнительская дисциплина и др.

Обнаружение отклонений хода технологической подготовки от планового, анализ причин этого отклонения и корректировка содержания технологической подготовки, сроков ее реализации и составляет предмет контроля технологической подготовки ремонтного производства.

Основной контроль технологической подготовки ремонтного производства производят с периодичностью составления планов службам вспомогательного производства – помесечно, а текущий, обычно тематический, контроль – еженедельно. Информацию о технологической подготовке, относящуюся к какому-либо виду товарного изделия, дает главный технолог на еженедельном оперативном совещании под председательством главного

инженера. Такую информацию готовят с помощью компьютера, который выбирает мероприятия с просроченным сроком выполнения. На совещании находятся руководители вспомогательных служб, начальник ОМТС и начальник цеха основного производства, к которому относится подготовка производства. После обсуждения причин отклонения хода технологической подготовки от планового намечают соответствующие меры – это неукоснительное обеспечение вспомогательного производства материалами и изделиями, усиление участков рабочими, перераспределение работ, переработка документации, изменение сроков и т.д. Протокол совещания отражает суть организационных решений.

Ежемесячный контроль проводит бюро планирования технологической подготовки ОГТ, по результатам которого главный технолог корректирует планы будущего месяца и готовит представление для поощрения (в виде премии) или наказания исполнителей.

#### **4.4.4. Испытания продукции, подтверждающие технологическую готовность производства**

Технологическую подготовку производства завершают квалификационные испытания продукции. *Квалификационные* испытания продукции проводят при постановке ее на производства с целью оценки готовности предприятия к выпуску продукции данного типа в заданном объеме. Испытания проводит ведомственная комиссия выборочным методом по установленной программе, содержащей описание объекта, цели, порядка, места и сроков испытаний. При положительном результате испытаний приступают к промышленному выпуску продукции.

В текущем производстве проводят приемо-сдаточные (точнее, сдаточно-приемочные) и периодические испытания. *Приемо-сдаточные* испытания – испытания отремонтированной продукции, по результатам которых принимают решение о ее пригодности к поставкам и (или) использованию. Испытания ведут силами ОТК предприятия сплошным методом. При положительных результатах испытаний заполняют паспорт изделия, которое направляют на склад сбыта.

*Периодические* испытания заключаются в испытании образцов выпускаемой продукции через установленные промежутки времени с целью контроля стабильности качества продукции и определения необходимых мероприятий по ее поддержанию. Этот вид испытаний ведет комиссия вышестоящей организации или органа по сертификации. Применяют также *инспекционный контроль*, осуществляемый специально уполномоченными лицами в порядке надзора.



## Глава 5

# СОЗДАНИЕ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ СРЕДСТВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОСНАЩЕНИЯ РЕМОНТНОГО ЗАВОДА

### 5.1. ХАРАКТЕРИСТИКА СРЕДСТВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОСНАЩЕНИЯ

Технологическое оснащение ремонтного производства обеспечивает всемерную экономию живого труда и необходимое качества продукции [3, 59, 95, 98, 100]. Средства ремонта представляют собой основной элемент материальной базы ремонтного производства. Состав, возможности, экономичность и производительность этих средств в значительной мере определяют технический уровень самого ремонтного производства. Около 80 % трудоемкости технологической подготовки ремонтного производства приходится на приобретение, проектирование и изготовление СТО.

#### 5.1.1. Состав, назначение и виды средств ремонта

Средства технологического оснащения *приобретенные* – это средства ремонта, изготовленные вне предприятия и поступившие на него в виде товарной продукции или в результате передачи с баланса на баланс предприятий. Средства технологического оснащения *изготовленные* в собственном вспомогательном производстве – это средства ремонта, изготовленные на предприятии по конструкторской документации, разработанной инженерными службами предприятия или приобретенной на стороне. Средства технологического оснащения включают технологическое оборудование и технологическую оснастку. В оснастку входят приспособления и инструменты.

*Технологическое оборудование* – устройства искусственного происхождения, необходимые для облегчения физического или умственного труда человека при переработке материалов и обработке предметов ремонта. Эти устройства обладают определенностью движений своих частей, используют энергию неживой природы и целесообразно преобразуют материалы и (или) энергию, и (или) информацию. На технологическое оборудование устанавливают технологическую оснастку, материалы или заготовки с целью выполнения части технологического процесса.

В зависимости от разнообразия выполняемых функций и обрабатываемых изделий технологическое оборудование подразделяют на универсальное, специализированное и специальное.

Универсальное оборудование (металлорежущее, кузнечно-прессовое, термическое и др.) обладает широкими технологическими возможностями, его, как правило, приобретают. Необходимое количество универсального оборудования определяют по одному из показателей:

- трудоемкости работ;
- станкоемкости изготавливаемых или ремонтируемых объектов;
- продолжительности технологических операций;
- физическим параметрам предметов труда.

По *трудоемкости* работ определяют количество оборудования  $n_o$ , связанного с ручным или машинно-ручным трудом (например, разборочного, сборочного, паяльного), по формуле:

$$n_o = \frac{T_{\text{год}}}{\Phi_{\text{до}} \eta_{\text{и}}}, \quad (5.1)$$

где  $T_{\text{год}}$  – годовая трудоемкость работ, выполняемых на оборудовании данного вида, чел.-ч/год;  $\Phi_{\text{до}}$  – действительный годовой фонд работы оборудования, ч/год;  $\eta_{\text{и}}$  – коэффициент использования оборудования во времени.

По *станкоемкости* изготавливаемых или ремонтируемых изделий рассчитывают оборудование с машинными способами обработки (например, металлорежущие станки, прессы) с той разницей, что величину годового объема работ выражают в станко-часах. Часто небольшие партии обрабатываемых заготовок различных видов обуславливают многочисленные наладки, поэтому при расчетах потребности в оборудовании учитывают затраты времени на наладочные работы:

$$n_o = \frac{C_{\text{п}} + C_{\text{н}}}{\Phi_{\text{до}} \eta_{\text{и}}}, \quad (5.2)$$

где  $C_{\text{п}}$  – годовая станкоемкость работ, выполняемых на оборудовании данного вида, станко-ч/год;  $C_{\text{н}}$  – годовой объем наладок оборудования, станко-ч/год.

**Пример.** Определить количество расточных станков 2Н78ПН для чернового растачивания гильз цилиндров двигателя ЗМЗ-53 при их восстановлении.

Исходные данные: объем ремонта  $N$  – 16000 двигателей (128000 гильз) в год; материал ремонтной заготовки – СЧ18; диаметр  $d$ , длина  $l$  и глубина  $t$  растачивания – 92,5, 155 и 0,15 мм соответственно; подача  $s$  – 0,10 мм/об; материал режущей части инструмента – ВК6; режим работы участка – двухсменный ( $\Phi_{\text{до}} = 3805$  ч/год);  $\eta_{\text{и}} = 0,8$ .

### Решение

Скорость резания  $v$  при растачивании определим из выражения:

$$v = \frac{C_v}{T^m t_x^y} K_v, \text{ м/мин,}$$

где  $C_v$  – коэффициент, зависящий от условий обработки, твердости и прочности материала, равный 243 [83, с. 270];  $T$  – стойкость резца, 60 мин;  $m$ ,  $x$  и  $y$  – показатели степени, соответственно 0,20, 0,15 и 0,40 [83, с. 270];  $K_v$  – поправочный коэффициент (при растачивании равен 0,9).

$$v = \frac{243}{60^{0,20} 0,15^{0,15} 0,10^{0,40}} 0,9 = 204,8 \text{ м/мин.}$$

Частота вращения шпинделя

$$n = \frac{1000v}{\pi d} = \frac{1000 \cdot 204,8}{3,14 \cdot 92,5} = 705,1 \text{ мин}^{-1}.$$

Из двух ближайших значений частоты вращения шпинделя станка 600 и 850  $\text{мин}^{-1}$  выбираем меньшее, а именно 600  $\text{мин}^{-1}$ .

Машинное время обработки

$$t_o = \frac{l + y_1 + y_2 + y_3}{ns},$$

где  $y_1$ ,  $y_2$  и  $y_3$  – врезание резца, перебег резца и длина взятия пробной стружки, 0,1, 2,0 и 3,0 мм соответственно.

$$t_o = \frac{155,0 + 0,1 + 2,0 + 3,0}{600 \cdot 0,10} = 2,67 \text{ мин.}$$

Норма штучно-калькуляционного времени  $t_{\text{штк}}$  с учетом вспомогательного и дополнительного времени равна 2,90 мин.

Необходимое количество станков без учета их наладки, поскольку на них выполняют только одну технологическую операцию, равно

$$n_o = \frac{t_{\text{штк}} N}{60 \Phi_{\text{об}} \eta_{\text{к}}} = \frac{2,90 \cdot 128000}{60 \cdot 3805 \cdot 0,80} = 2,03.$$

По продолжительности технологических операций определяют количество оборудования, работа на котором связана с загрузкой (установкой)

изготавливаемых или ремонтируемых изделий, длительным технологическим циклом, периодическим наблюдением за процессом и снятием изделий. К такому оборудованию относят очистные погружные машины, сушильные камеры, обкаточно-тормозные стенды, гальванические ванны и др. Их количество определяют по одной из формул:

$$n_o = \frac{n_i t_{mo}}{\Phi_{oo} \eta_u}, \quad (5.3)$$

$$n_o = k_n k_n \frac{t_{mo} N}{a \Phi_{oo}}, \quad (5.4)$$

где  $n_i$  – количество загрузок оборудования в течение года;  $t_{mo}$  – продолжительность технологической операции с учетом времени на загрузку и выгрузку изделий, ч;  $k_n$  (1,1...1,2) – коэффициент неравномерности подачи изделий;  $k_n$  (1,10...1,15) – коэффициент, учитывающий повторность обкатки или испытания агрегатов (машин), у которых обнаружены и устранены дефекты;  $N$  – количество изделий в годовом объеме выпуска, ед./год;  $a$  – количество одновременно устанавливаемых изделий, ед.

Коэффициент  $k_n$  учитывает возможные отклонения хода работ от планового по организационным причинам. Его значение больше единицы и равно отношению действительного такта производства к расчетному.

**Пример.** Определить необходимое количество обкаточно-тормозных стендов КИ-2139Б для обкатки двигателей ЗМЗ-53.

Исходные данные: основное время обкатки – 115 мин; время на установку и снятие двигателя и комплектующих частей, подключение и отключение проводов и шлангов и регулировку режимов обкатки – 40 мин; дополнительное время – 3 мин; объем ремонта – 16000 двигателей в год; режим работы участка – двухсменный ( $\Phi_{oo} = 3805$  ч/год);  $\eta_u = 0,85$ .

#### **Решение**

Необходимое число стендов

$$n_o = k_n k_n \frac{t_{mo} N}{a \Phi_{oo} \eta_u} = 1,15 \cdot 1,10 \frac{(115 + 40 + 3) \cdot 16000}{1 \cdot 60 \cdot 3805 \cdot 0,85} = 16,48.$$

По физическим параметрам обрабатываемых изделий рассчитывают оборудование, производительность которого определяется массой обрабатываемых заготовок в единицу времени (термические и нагревательные печи, кузнечные молоты, отдельные типы очистных машин и др.), а также

оборудование участков нанесения покрытий, производительность которого выражается площадью поверхности обрабатываемых изделий в единицу времени (гальванические ванны, окрасочные камеры и др.). Количество такого оборудования определяют по одной из формул:

$$n_o = \frac{M_z}{m_v \Phi_{до} \eta_3 \eta_v}; \quad (5.5)$$

$$n_o = \frac{S_z}{s_v \Phi_{до} \eta_v}, \quad (5.6)$$

где  $M_z$  и  $S_z$  – годовые объемы работ, выраженные массой (кг/год) и площадью поверхностей ( $m^2$ /год) обрабатываемых изделий соответственно;  $m_v$  и  $s_v$  – часовая производительность оборудования (кг/ч и  $m^2$ /ч) соответственно;  $\eta_3$  – коэффициент, учитывающий полноту загрузки оборудования по массе заготовок ( $\eta_3 = 0,7 \dots 0,8$ ).

С целью увеличения производительности или точности обработки типовых заготовок универсальное оборудование (чаще металлорежущее) превращают путем заводской модернизации в *специализированное* оборудование.

*Специальное* оборудование выполняет узкую технологическую функцию над предметом ремонта определенной модели, обладает наибольшей производительностью и обеспечивает наивысшую точность. Это, например, шлифовальные станки для обработки коренных или шатунных шеек коленчатых валов, расточные станки для одновременной обработки коренных опор, втулок распределительного вала и отверстия под стартер в блоке цилиндров, стенды для испытания агрегатов и др. Металлорежущее специальное оборудование изготавливают на станкостроительных заводах по заказу. Специальные металлорежущие станки – это модификация универсальных станков. Эти станки оснащены наладками (или подготовленные под установку наладок) и устройствами для обработки изделий одного вида. Остальное специальное оборудование изготавливают, как правило, на инструментальном участке ремонтного завода.

Количество единиц  $n_c$  специализированного и специального оборудования определяют по формуле:

$$n_c = \frac{N t_{штк} k_o}{\Phi_{до}}, \quad (5.7)$$

где  $t_{штк}$  – штучно-калькуляционное время, станко-ч;  $k_o$  – коэффициент выполнения операций.

В зависимости от приспособленности к воздействиям на изменяющийся предмет ремонта различают оборудование перестраиваемое, переналаживаемое и гибкое. *Перестраиваемое* оборудование при затратах средств и труда, соизмеримых с его стоимостью, может быть использовано на обработку другой детали или группы деталей. *Переналаживаемое* оборудование при переходе на обработку других деталей не требует дополнительных вложений и остановки производства, а только увеличивает текущие расходы. *Гибкое* оборудование при переходе на обработку другой детали или группы деталей не требует ни дополнительных вложений, ни остановки производства, ни увеличения текущих расходов.

Новые принципы организации ремонтного производства требуют все большей приспособленности технологического оборудования к изменяющимся видам и объемам ремонтных работ.

*Технологическая оснастка* представляет собой устройства, которые расширяют технологические возможности оборудования и применяются только вместе с ним.

*Приспособление* – это технологическая оснастка, предназначенная для направления или установки предмета ремонта или инструмента при выполнении технологической операции. Наиболее широко применяют приспособления при механической обработке заготовок.

*Станочные приспособления* – это дополнительные устройства к металлорежущим станкам, применяемые для базирования и закрепления заготовок, направления и опоры инструмента. Формообразующие элементы имеются в оборудовании, на котором используют приспособление.

По признаку специализации и возможности переналадки различают шесть типов станочных приспособлений:

- *универсальные безналадочные* приспособления (УБП), обеспечивающие установку любых заготовок и оснащение ими широкой номенклатуры оборудования, применяют в единичном и мелкосерийном производстве. Примеры УБП: токарные патроны, машинные тиски, поворотные столы;

- *универсальные наладочные* приспособления (УНП) – устройства для установки заготовок при помощи специальных наладок, используемые в большом количестве операций. *Наладка* – это часть приспособления, необходимая для установки конкретной заготовки. Универсальные наладочные приспособления применяют в единичном и серийном многономенклатурном производстве, использующем групповые методы обработки. Примеры УНП: универсальные наладочные тиски, универсальные наладочные угольники для токарных работ;

- *специальные наладочные приспособления (СНП)*, обеспечивающие установку схожих по конфигурации заготовок, отличающихся размерами. Компоновка СНП состоит из наладки в специализированном корпусе, который многократно применяют в условиях серийного и крупносерийного производства;

- *специальные безналадочные приспособления (СБП)* – это устройства, не подлежащие разборке после окончания производства закрепленных за ними изделий. Такие устройства эффективны при оснащении трудоемких операций серийного и крупносерийного производства;

- *универсально-сборные приспособления (УСП)* – обратимые специальные приспособления краткосрочного применения, которые собирают из стандартных деталей и узлов высокой точности. Применяют в единичном и мелкосерийном производстве, а также в период освоения выпуска продукции в серийном и крупносерийном производстве;

- *сборно-разборные приспособления (СРП)* состоят из стандартных деталей и узлов, которые собирают после частичной доработки опорных поверхностей под заготовки; СРР – устройства многократного применения. Ими оснащают трудоемкие операции серийного и крупносерийного производства в стадии усовершенствования или в течение ограниченного времени (до 1,5 года).

Использование приспособлений уменьшает трудоемкость и длительность технологической подготовки производства, повышает производительность труда станочников и снижает требования к их квалификации, повышает точность обработки заготовок и расширяет технологические возможности оборудования. Необходимое количество приспособлений определяют по формуле (5.3).

*Инструмент* – это технологическая оснастка, предназначенная для непосредственного воздействия на ремонтируемый (восстанавливаемый) объект с целью изменения его состояния, которое определяют при помощи мер и (или) измерительных приборов.

Номенклатура инструментов большая. По технологическому признаку различают инструмент слесарный, кузнечный, режущий, измерительный и др. В зависимости от соотношения видов энергии при использовании инструмента различают ручной (ключ, кувалда, долото, пробка и др.) и механизированный (пневматический гайковерт, шлифмашина и др.). Механизированный и часть ручного инструмента приобретают, остальной инструмент изготавливают.

Норму расхода  $j$ -го режущего инструмента  $H_{иij}$  на  $i$ -й операции в серийном производстве рассчитывают на 1000 заготовок:

$$H_{иij} = \frac{1000t_{ij}}{60T_{изпj}} \cdot \frac{A_{ij}}{k_j}, \quad (5.8)$$

где  $t_{ij}$  – продолжительность обработки детали на  $i$ -й операции  $j$ -м инструментом, мин;  $T_{изпj}$  – время полного изнашивания  $j$ -го инструмента, мин (табл. 5.1);  $A_{ij}$  – количество  $j$ -х инструментов в одной наладке на  $i$ -й операции;  $k_j$  – коэффициент случайной убыли инструмента, изменяется для различных видов инструментов от 0,05 до 0,40.

Таблица 5.1

Время полного изнашивания инструментов

Инструмент	$T_{изп}$ , ч	Инструмент	$T_{изп}$ , ч
<b>Резцы:</b>		<b>Зенкеры:</b>	
- из быстрорежущей стали	15...20	$d < 20$ мм	5
- твердосплавные	20...25	$d = 20...50$ мм	8
<b>Сверла:</b>		<b>Фрезы:</b>	
- из быстрорежущей стали		- цилиндрические	20...50
$d < 12$ мм	11	- со вставными ножами	
$d = 10...25$ мм	28	$d = 90$ мм	58
$d > 25$ мм	60	$d = 150$ мм	140
- твердосплавные		- торцовые	
$d = 10...25$ мм	13...45	$d = 150$ мм	48
<b>Развертки:</b>		$d = 400$ мм	110
$d < 20$ мм	7	- концевые	
$d = 20...40$ мм	13	$d = 16...20$ мм	6
$d > 40$ мм	19	$d = 20...30$ мм	10

Время полного изнашивания инструмента можно также определить по формуле:

$$T_{изп} = (n + 1) \cdot t_{см}, \quad (5.9)$$

где  $t_{см}$  – стойкость инструмента, ч;  $n$  – число допустимых заточек:

$$n = l/\Delta l.$$

Здесь  $l$  – величина допустимого стачивания режущей части инструмента, мм;  $\Delta l$  – величина стачивания за одну заточку, мм.



При расчете нормы расхода абразивных кругов учитывают, что при правках их диаметр уменьшается на 20...25 %, а за одну правку снимается 0,2...0,3 мм. Показатели стойкости приведены в таблице 5.2.

Таблица 5.2

Средняя стойкость абразивных кругов

Вид шлифования	Подача	Время между правками, мин
Круглое наружное	Продольная на проход	40
	Продольная в упор	30
	Поперечная врезанием	30
	Со шлифованием закруглений	20
Бесцентровое	Продольная	30...60
Внутреннее	Продольная на проход	10
Плоское	Продольная на проход	25
	Врезанием	10

Норму расхода измерительного инструмента (калибров)  $H_{из}$  на 1000 деталей определяют по формуле:

$$H_{из} = \frac{1000ck_{выб}}{m_o}, \quad (5.10)$$

где  $c$  – число измеряемых параметров на одной детали;  $k_{выб}$  – доля деталей, подвергаемых выборочному контролю;  $m_o$  – количество измерений, выполняемых с помощью инструмента до полного его изнашивания.

Количество измерений  $m_o$  зависит от допуска на износ калибра и материала измеряемой детали. Так, для гладких пробок и скоб при работе по стали  $m_o = 10...80$  тыс., а при работе по чугуну число измерений уменьшается в три раза.

### 5.1.2. Классификация системы средств технологического оснащения

Классификация элементов средств ремонта служит целям упорядочения и сокращения объемов аналитического исследования, уменьшения трудоемкости проектирования и изготовления технологических машин и их частей и повышения серийности производства. Для мотороремонтных предприятий такая классификация приведена в таблице 5.3.

Классификация технологических машин мотороремонтного производства

Технологическая функция	Классификационный признак	Группы машин
1	2	3
Предремонтное диагностирование	Вид измеряемой величины	<p>Диагностические средства:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- кинематические;</li> <li>- динамические;</li> <li>- виброакустические;</li> <li>- пневматические;</li> <li>- энергетические;</li> <li>- измеряющие параметры рабочих процессов;</li> <li>- тепловые;</li> <li>- оптические;</li> <li>- измеряющие параметры работающего масла</li> </ul>
Разборка	Вид предмета труда (целое или часть)	Для общей разборки
		<p>Для узловой разборки:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- коленчатого вала с упорными шайбами, шестерней, маховиком и сцеплением;</li> <li>- сцепления;</li> <li>- распределительного вала с фланцем, распорным кольцом, эксцентриком и противовесом;</li> <li>- шатунно-поршневых групп;</li> <li>- водяного насоса;</li> <li>- головки цилиндров с клапанами и осью коромысел;</li> <li>- оси коромысел;</li> <li>- привода распределителя;</li> <li>- впускной трубы с центрифугой;</li> <li>- масляного насоса;</li> <li>- карбюратора;</li> <li>- генератора;</li> <li>- стартера;</li> <li>- распределителя;</li> <li>- датчика ограничителя числа оборотов</li> </ul>
	Количество позиций	Однопозиционные (стационарные)
	Вид разбираемых соединений	Многопозиционные (подвижные)
		<p>Для разборки соединений:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- резьбовых;</li> <li>- прессовых</li> </ul>

1	2	3
Очистка	Вид загрязнений	Для отделения: - слабосвязанных с поверхностью загрязнений; - эмалей и грунтов; - нагара; - накипи
	Вид очищающей среды	Используемые: - воду; - растворы технических моющих средств; - растворы растворяюще-эмульгирующих средств; - растворы кислот; - растворы щелочей; - расплавы солей и щелочей; - пар; - песок кварцевый; - твердую углекислоту; - лед; - стеклянные шарики; - косточковую крошку; - гранулы пластмассы
	Способ контакта среды с загрязнением	Струйные: - с давлением среды 0,3...1,0 МПа; - мониторинные (с давлением среды 10...250 МПа)
		Погружные: - с возвратно-поступательным движением деталей в растворе; - с маятниковыми колебаниями платформы с деталями в растворе; - с окунанием деталей и выносом их из раствора; - с турбулизацией раствора ротором-активатором; - с турбулизацией раствора лопастным винтом
Определение технического состояния и контроль	Вид геометрической величины	Предназначенные для измерения: - расположения; - формы; - длин; - углов; - шероховатости
	Вид пробного вещества при определении течей	Используемые: - сжатый воздух, - воду, - керосин

1	2	3
<p>Определение технического состояния и контроль</p>	<p>Вид предмета труда при определении течей</p>	<p>Для контроля:                      - собранного двигателя;                      - блока цилиндров;                      - гильзы цилиндра;                      - головки цилиндра;                      - впускной трубы;                      - коллекторов</p>
<p>Определение технического состояния и контроль</p>	<p>Способ определения трещин</p>	<p>Средства:                      - магнитные;                      - токовихревые;                      - капиллярные;                      - ультразвуковые;                      - рентгеноскопические</p>
<p>Создание ремонтных заготовок</p>	<p>Способ нанесения покрытий</p>	<p>Для нанесения покрытий:                      - наплавкой;                      - приваркой;                      - пайкой;                      - пылением;                      - электролизом;                      - заливкой</p>
	<p>Способ перераспределения материала</p>	<p>Использующие:                      - механическое воздействие;                      - термопластическое обжатие;                      - термопластическую раздачу;                      - электрогидравлическую раздачу</p>
<p>Обработка</p>	<p>Вид обработки</p>	<p>Средства для обработки резанием:                      - точением;                      - сверлением;                      - фрезерованием;                      - растачиванием;                      - шлифованием;                      - хонингованием;                      - полированием</p>
		<p>Средства для обработки давлением:                      - обкатыванием;                      - раскатыванием;                      - выплаживанием</p>
<p>Балансировка</p>	<p>Вид способа</p>	<p>Средства для статической балансировки:                      - ролики;                      - призмы;                      - весы</p>
<p>Комплектование</p>	<p>Вид комплектования</p>	<p>Средства для динамической балансировки</p>
		<p>Средства комплектования по видам изделий                      Средства подбора по размерным группам                      Средства подбора по массовым группам</p>

1	2	3
Сборка	Вид предмета труда (целое или часть)	Для общей сборки двигателя - конвейер; - эстакада Для узловой сборки: - блока цилиндров с картером сцепления и гильзами; - сцепления; - коленчатого вала с упорными шайбами, шестерней, маховиком и сцеплением; - сальникодержателя с уплотнением; - распределительного вала с фланцем, распорным кольцом, эксцентриком и противовесом; - шатунно-поршневых групп; - крышки распределительных шестерен с сальником; - водяного насоса; - оси коромысел; - головки цилиндров с клапанами и осью коромысел; - привода распределителя; - впускной трубы с центрифугой; - масляного насоса; - карбюратора; - генератора; - стартера; - распределителя; - датчика ограничителя числа оборотов
	Вид собираемых соединений	Для сборки соединений: - резьбовых; - прессовых
Испытание	Вид агрегата	Для испытания: - двигателя; - масляного насоса; - водяного насоса; - карбюратора; - бензинового насоса; - воздухоочистителя; - датчика ограничителя числа оборотов; - центрифуги; - стартера; - генератора; - реле-регулятора (интегрального регулятора напряжения); - распределителя; - свечей зажигания

1	2	3
Испытание	Вид измеряемой величины	Для определения: - расходов сред; - давлений сред; - частот; - сил; - моментов; - напряжения; - силы тока
Окрашивание	Способ нанесения ЛКМ	Для нанесения ЛКМ: - воздушным распылением; - распылением за счет энергии давления; - обливом; - окунанием; - в электростатическом поле высокого напряжения; - электрофорезом
	Способ сушки покрытия	Средства для сушки: - терморрадиационной; - в инфракрасном излучении; - в ультрафиолетовом излучении
Обкатка	Вид предмета труда	Средства для обкатки: - двигателя в сборе; - агрегатов двигателя
	Способ интенсификации обкатки	Средства для введения присадок: - в топливо; - в масло; - в воздух
	Способ управления обкаткой	Управляющие средства: - программные; - ручные
Перемещение	Отнесение к типу технологического воздействия	Средства обслуживающие: - технологические процессы; - технологические операции
	Вид энергии, обеспечивающей перемещение	Средства, приводящиеся двигателями: - электрическими; - пневматическими; - гидравлическими; - гравитационными
Переработка отходов	Вид физического или химического эффекта	Переводящие активные отходы в неактивное состояние: - окислением; - нейтрализацией Отделяющие неактивные отходы: - процеживанием; - отстаиванием; - фильтрованием через сетки; - фильтрованием через мембраны; - коагуляцией; - флотацией

Литература по ремонту машин отмечает, что для устранения неисправностей и для восстановления ресурса ремонтируемой техники необходимы следующие классы технологических машин:

- для предремонтного диагностирования;
- разборочные; очистные;
- для определения технического состояния деталей ремонтного фонда;
- для создания ремонтных заготовок;
- обрабатывающие;
- контрольно-измерительные;
- балансировочные;
- комплектовочные;
- сборочные;
- окрасочные;
- испытательные;
- для перемещения ремонтируемых объектов;
- для переработки отходов.

Декомпозиция функций технологических машин на функции их исполнительных агрегатов и формирование схожих множеств последних на идеях кластерного анализа позволяет установить классификационные группы. В группы включают однофункциональные устройства, близкие по конструктивным признакам. В качестве меры близости устройств между собой принимают евклидово расстояние  $L$ :

$$L = L_{kn} : R_{kn} = \sqrt{\sum_{r=1}^m (l_{rk} - l_{rn})^2} \rightarrow \min, \quad (5.11)$$

где  $L_{kn}$  – подмножество устройств 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.

Результаты декомпозиции функций технологических машин приведены в таблице 5.4.

Результаты декомпозиции функций технологических машин подтверждают, что множество технологических машин ремонтного производства может быть представлено двенадцатью их классами, а именно: диагностические; разборочные; очистные; контрольно-измерительные; для создания припусков; обрабатывающие; балансировочные; сборочные; окрасочные; обкаточно-испытательные; для перемещения ремонтируемых объектов; для переработки отходов.

Декомпозиция функций технологических машин (операций)  
в функции исполнительных агрегатов (переходы)

Технологические операции	Технологические переходы	
	Наименование	Примерное количество
1	2	3
Предремонтное диагностирование	Базирование	1
	Закрепление	1
	Подключение агрегата к нагрузочному устройству	1
	Приведение агрегата в движение	1
	Измерение величин:	
	- частот;	1
	- зазоров;	1
- виброускорений;	1	
- расходов сред;	1	
- давлений сред	1	
Разборка	Базирование	5...10
	Закрепление	5...10
	Создание разборочного усилия	30...100
	Создание разборочного момента	100...1000
	Внутриоперационное перемещение:	
	- поступательное;	5...10
- вращательное	5...10	
Очистка	Установка	5...15
	Нагрев очищающей среды	1
	Придание энергии активации очищающей среде	1...3
	Взаимодействие очищающей среды с загрязненной поверхностью	5...10
	Регенерация очищающей среды	1...5
	Внутриоперационное перемещение поступательное	1
Контрольно-измерительная	Подача	—
	Ориентирование	—
	Базирование	20...100
	Закрепление	5...20
	Измерение величин:	
	- длин;	500...3000
	- углов;	10...50
	- формы;	10...50
	- расположения;	10...50
	- твердости;	2...50
	- жесткости	20...60
Обнаружение:		
- трещин;	1...5	
- течей	5...10	



1	2	3
Создание ремонтных заготовок	Базирование	5...20
	Закрепление	5...20
	Движение детали:	
	- поступательное;	1...5
	- вращательное	5...20
	Нанесение материала	5...20
	Приложение деформирующего усилия	1...10
Обработка	Подача	-
	Ориентирование	-
	Закрепление	50...200
	Создание главного движения	50...200
	Создание движения подачи	50...200
	Позиционное перемещение:	
- поступательное;	2...10	
- вращательное	2...10	
Балансировка	Установка	5...10
	Приведение во вращение	2...5
	Определение величины и направления дисбаланса	5...10
	Удаление избытка металла	5...10
	Установка и закрепление груза	-
Комплектование	Подача	-
	Ориентирование	-
	Измерение величин:	
	- длины;	30...100
	- массы	2...5
	Подбор деталей:	
	- парный,	15...50
- по видам деталей	50...100	
Подгонка:		
- размеров;	2...5	
- массы	2...5	
Сборка	Базирование и закрепление базовой детали	10...20
	Подача комплектующих деталей	-
	Ориентирование	-
	Создание сборочного усилия	30...100
	Создание сборочного момента	100...1000
	Позиционное перемещение	5...20

1	2	3
Испытание	Базирование	10...20
	Закрепление	10...20
	Подключение агрегата к нагрузочному устройству	10...20
	Приведение агрегата в движение	10...20
	Измерение величин: - расходов сред; - давлений сред; - частот; - моментов	5...10 5...10 5...10 5...10
Окрашивание	Установка	2...5
	Удаление с поверхности пленок оксидов и жиров	2...5
	Нанесение лакокрасочного покрытия	2...5
	Сушка	1...2
Обкатка	Базирование	1...3
	Закрепление	1...3
	Подключение агрегата к нагрузочному устройству	1...3
	Приведение агрегата в движение	1...3
	Измерение величин: - расходов сред; - давлений сред; - частот; - моментов	5...10 5...10 5...10 5...10
Перемещение	Захват	20...100
	Подъем	20...100
	Перенос	20...100
	Установка	20...100
Переработка отходов	Приготовление дезактиватора	5...10
	Взаимодействие реагента с отходом	5...10

Классификация основных исполнительных агрегатов технологического оборудования приведена в таблице 5.5. В число агрегатов включены объекты как действующие на ремонтных заводах, так и перспективные, приведенные в литературе по производству и ремонту машин.

Классификация исполнительных основных агрегатов технологических машин

Технологические функции агрегатов	Классификационный признак	Виды агрегатов
1	2	3
Базирование детали (сборочной единицы)	Погрешность базирования	Устройства, обеспечивающие значения погрешности базирования: - до 0,1 мм; - от 0,1 до 1 мм; - свыше 1 мм
	Количество ориентируемых изделий	Устройства: - одноместные; - многоместные
Закрепление детали (сборочной единицы)	Вид энергии	Устройства: - пневматические; - гидравлические; - магнитные; - ручные
Создание разборочного усилия	Вид энергоносителя	Механизмы: - пневматические; - гидравлические
Создание разборочного момента	Вид энергии	Гайковерты: - пневматические; - электрические; - гидравлические
	Число шпинделей	Гайковерты: - одношпиндельные; - многошпиндельные
	Число двигателей	Устройства с двигателями: - одним на все шпиндели; - одним на каждый шпindelь
Регенерация очищающей среды	Вид процесса	Устройства, работающие по принципу: - процеживания; - отстаивания; - фильтрования через сетки; - фильтрования через мембраны (ультрафильтрация); - коагуляции; - флотации
Нагрев очищающей среды	Вид энергии	Нагреватели: - электрические; - паровые

1	2	3
Взаимодействие очищающей среды с загрязнением	Вид взаимодействия	Устройства для очистки: - струйной; - погружной
Придание энергии активации очищающей среде при погружной очистке	Вид эффекта	Устройства: - возвратно-поступательного движения деталей; - с маятниковыми колебаниями платформы с деталями; - с окуном деталей и выносом их из раствора; - ротор-активатор; - лопастной винт
Подача деталей	Состояние массива деталей	Устройства для подачи ориентированных деталей: - питатели; - отсекатели Устройства для подачи деталей из хаотического состояния (бункеры): - вибрационные; - центробежные; - воронки; - шиберные; - секторные; - лопаточные; - крючковые; - карманчиковые
Ориентирование деталей	Способ ориентирования	Устройства с направленным ориентированием: - адаптивные; - электромагнитные; - с применение аэродинамических эффектов Устройства с ненаправленным ориентированием: - кинематического поиска, - вибрационные
Измерение расположения поверхностей	Вид параметра	Устройство для измерений: - биений, - параллельности, - перпендикулярности, - расстояния между осями
Измерение жесткости	Способ определения	Приборы для измерения: - абсолютным способом, - относительным способом

1	2	3
Обнаружение течей	Вид пробного вещества	Устройства, использующие: - сжатый воздух; - воду; - вещество, взаимодействующее с пенетрангом
Создание вращательного движения детали (сборочной единицы)	Условия применения	Устройства в машинах: - для очистки; - для разборки; - для нанесения покрытий; - для обработки; - для сборки
Создание поступательного движения детали	Условия применения	Устройства в машинах: - для очистки; - для разборки; - для нанесения покрытий; - для обработки; - для сборки
Нанесение восстановительных покрытий	Вид процесса	Устройства для нанесения покрытий: - наплавкой; - напылением; - приваркой; - пайкой; - электролизом; - заливкой
Приложение деформирующего усилия	Вид детали	Устройства для деформирования материала: - в отверстиях; - на валах
Определение направления и значения статического дисбаланса	Вид устройства для установки детали	Устройства для установки деталей: - на роликах; - призмах; - весах
Создание сборочного усилия	Вид энергоносителя	Устройства: - электрические; - пневматические; - гидравлические
	Способ сборки	Устройства поперечно-прессовой сборки: - с подогревом охватываемой детали; - с охлаждением охватываемой детали Устройства продольно-прессовой сборки: - с сухим трением; - гидропрессовые

1	2	3
Создание сборочного момента	Вид энергоносителя	Гайковерты: - электрические; - пневматические; - гидравлические
	Число шпинделей	Гайковерты: - одношпиндельные; - многшпиндельные
	Вид двигателя	Гайковерты с электрическими двигателями: - трехфазными промышленной частоты; - трехфазными повышенной частоты; - коллекторными универсальными Гайковерты с пневматическими двигателями: - поршневыми; - роторными
	Вид момента	Гайковерты с приложением: - статического момента; - ударно-вращательных импульсов
	Способ ограничения момента	Устройства: - с ограничением силы ударов; - остановкой двигателя от перегрузки; - скольжением фрикционной муфты; - кинематическим отключением шпинделя
Нанесение лакокрасочного покрытия	Способ нанесения	Устройства для нанесения покрытий: - воздушным распылением; - распылением за счет энергии давления; - обливом; - окунанием; - в электростатическом поле
Сушка лакокрасочного покрытия	Способ сушки	Средства для сушки: - терморационной; - в инфракрасном излучении; - в ультрафиолетовом излучении
Позиционное перемещение	Погрешность позиционирования	Устройства, обеспечивающие погрешность позиционирования: - до 0,1 мм; - от 0,1 до 1 мм; - свыше 1 мм

Результаты классификации применяют при выборе аналогов устройств, поиске новых их видов и при составлении морфологических матриц. Многообразие потребностей в технологических воздействиях на ремонтируемые изделия может быть удовлетворено примерно пятьюдесятью типами исполнительных агрегатов. 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.

Анализ применения исполнительных агрегатов в технологических машинах показывает (табл. 5.6), что наиболее насыщенными агрегатами должны быть разборочные, сборочные, контрольно-измерительные, металлообрабатывающие, балансировочные и обкаточные машины.

Таблица 5.6

Применение исполнительных агрегатов в технологических машинах

Исполнительные агрегаты	Технологические машины											
	диагностические	разборочные	очистные	контрольно-измерительные	для создания припусков	металлообрабатывающие	балансировочные	сборочные	окрасочные	обкаточные	межоперационного перемещения	переработки отходов
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Базарующие	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
Для закрепления	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
Для межоперационного перемещения: - вращательного; - поступательного		+	+					+	+			
Для создания очистного действия: - струями; - погружением			+	+								
Для приложения моментов: - разборочных; - сборочных		+						+				

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Для измерений:												
- длин;	+			+								
- углов;				+								
- формы;				+								
- расположения;				+								
- расхода сред;	+									+		
- давления;	+									+		
- частот;	+									+		
- усилый	+									+		
Для определения герметичности				+								
Для определения сплошности				+								
Для создания припусков:												
- наплавкой;						+						
- напылением;						+						
- электролизом;						+						
- полимерами;						+						
- перемещением материала детали						+						
Для обеспечения главного движения							+					
Для обеспечения движения подачи							+					
Для статической балансировки:												
- на роликах;								+				
- на призмах;								+				
- на качающемся диске								+				
Для динамической балансировки								+				
Транспортирующие	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Подъемные	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Для очистки жидких сред:												
- отстаиванием;												+
- флотацией;												+
- коагуляцией;												+
- реагентным способом												+



В свою очередь, наиболее часто применяют исполнительные агрегаты для базирования, закрепления, внутриоперационного перемещения деталей и сборочных единиц. Оснащение средств ремонта этими агрегатами существенно повышает уровни механизации и автоматизации ремонтного производства в целом. Введение в состав технологических машин устройств для подачи и ориентирования заготовок и деталей на операциях определения их технического состояния, контрольных, обрабатывающих и сборочных существенно сокращает (в 1,5...2,5 раза) трудоемкость этих операций.

Анализ затрат на создание и эксплуатацию исполнительных агрегатов показывает, что наибольшее влияние на этот показатель оказывают масса ремонтируемых изделий, площадь восстанавливаемых поверхностей деталей, моменты и усилия разборки и сборки, точность обработки. К снижению затрат приводят широкое применение энергии неживой природы, повышение скорости рабочих движений и совмещение технологических переходов во времени.

## 5.2. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЕДИНИЧНЫХ СРЕДСТВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОСНАЩЕНИЯ

В составе ОГТ ремонтного завода имеются конструкторские бюро по проектированию СТО. Заводские конструкторы проектируют, например: стенды для общей и узловой разборки и сборки агрегатов; машины для очистки деталей от прочных загрязнений; приспособления на металлорежущие станки, штампы для листовой штамповки, инструменты (резцы, фрезы, развертки и др.), пресс-формы для получения отливок из пластмасс и алюминиевых сплавов, стенды для уравнивания деталей и испытания агрегатов, специальные приборы для измерения параметров расположения поверхностей, организационную оснастку (подставки, стеллажи, тару) и производственную мебель (столы, тумбочки) и многие другие средства.

Проектируют СТО по заказам предприятий и проектных организаций, например, ПТИ «Сельхозтехпроект» Министерства сельского хозяйства и продовольствия, РУП «Транстехника» Министерства транспорта, однако основной объем проектных работ приходится на инженерные отделы заводов.

При освоении ремонта машин или при недостатке опыта проектирования СТО их создают отдельными экземплярами, хотя намного экономичнее проектировать всю систему этих средств и поочередно изготавливать ее части.

Проектирование СТО начинают с разработки *технического задания*, содержание которого является постановкой задачи. Техническое задание на разработку средств ремонта готовит технолог. Оно включает описание функций, производительности, основных параметров и оценочных критериев создаваемого средства. В техническом задании, например на проектирование приспособления для механической обработки, приводят сведения операционной карты: модель станка, операционный эскиз, материал заготовки и его характеристику, базы, места приложения усилий закрепления, обрабатываемые поверхности, операционные размеры в начале и в конце обработки, параметры шероховатости, формы и расположения поверхностей, режимы обработки.

### 5.2.1. Проектирование приспособлений

На заводах Беларуси используют около 2 млн. приспособлений для металлорежущих станков. Срок их службы на порядок меньше срока службы оборудования, для которого они предназначены.

Приспособления проектируют к токарным, сверлильным, расточным, шлифовальным, фрезерным и другим станкам. При разработке приспособлений необходимо иметь каталоги или паспорта этих станков.

Приспособление состоит из корпуса, опор, механизма закрепления заготовки в приспособлении, элементов закрепления приспособления на станке, устройств для установки, направления и контроля положения инструмента.

При проектировании приспособления изображают заготовку тонкими сплошными линиями (желательно в масштабе 1:1) и обозначают ее обрабатываемые поверхности и базы. Изображают опорные элементы приспособления и инструмент, установленный на резцедержателе, скалке или в шпинделе станка, в крайних положениях и устройства для его направления (например, кондукторные втулки) и поддержания (например, центра). Количество видов заготовки и расстояния между ними должны быть такими, чтобы можно было изобразить все элементы приспособления и дать представление об его устройстве и работе.

Опоры и устройства для закрепления ориентируют заготовку и лишают необходимого числа ее степеней свободы. Применяют опоры:

- цилиндрические со сферической или плоской рабочей поверхностью (в том числе насеченной);

- в виде пластин или призм, пальцев или оправок, а также центров с наружными и внутренними конусами;

- регулируемые подводные при обработке нежестких заготовок.

В зависимости от количества и видов лишаемых заготовкой степеней свободы ее технологические базы делят на установочные, направляющие, опорные, двойные направляющие и двойные опорные. Установочная база лишает заготовку трех степеней свободы – перемещения вдоль одной координатной оси и поворотов вокруг двух других осей. Направляющая база лишает заготовку двух степеней свободы – перемещения вдоль одной координатной оси и поворота вокруг другой оси. Опорная база лишает заготовку перемещения вдоль одной координатной оси или поворота вокруг оси. Двойная направляющая база лишает заготовку четырех степеней свободы – перемещений вдоль двух координатных осей и поворотов вокруг этих осей. Двойная опорная база лишает заготовку двух степеней свободы – перемещений вдоль двух координатных осей. Установочные базы должны иметь наибольшую площадь, направляющие – наибольшую протяженность, а опорные – небольшие размеры.

В качестве технологических баз заготовок чаще применяют:

- плоские поверхности корпусов;
- два цилиндрических отверстия с параллельными осями и перпендикулярную к ним плоскую поверхность корпуса;
- центровые отверстия или фаски валов;
- наружные или внутренние поверхности вращения и перпендикулярные к их оси плоские поверхности валов.

Продолжая разработку приспособления, выбирают на основании технико-экономического расчета вид привода для закрепления заготовки. Привод может быть ручной (резьбовой, эксцентриковый, клиновой, рычажный и др.) или механический (пневматический, гидравлический, электромагнитный и др.). К заготовке прикладывают силы резания и закрепления, реакции опор и силы трения. Из уравнений равновесия заготовки находят значение расчетного усилия закрепления. Необходимое значение усилия закрепления, обеспечиваемое приводом, получают умножением расчетного усилия на коэффициент запаса  $K$ :

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6, \quad (5.12)$$

где  $K_0$  – коэффициент гарантированного запаса, равен 1,5;  $K_1$  – коэффициент, учитывающий увеличение сил резания из-за случайных неровностей на обрабатываемых поверхностях, равен 1,2 при черновой обработке и 1,0 при чистовой обработке;  $K_2$  – коэффициент, характеризующий увеличение сил резания при затуплении режущего инструмента, изменяется от 1,0 до 1,8;

$K_2$  – коэффициент, учитывающий увеличение сил резания при прерывистом резании, равен 1,2;  $K_4$  – коэффициент, характеризующий непостоянство силы закрепления, изменяется от 1,0 до 1,3;  $K_5$  – коэффициент, учитывающий эргономический фактор (при удобном расположении рукоятки в малом угле ее поворота равен 1,0, в противном случае – 1,2);  $K_6$  – коэффициент, учитывающий наличие моментов, стремящихся повернуть заготовку, при установке на штыри равен 1,0, при установке на опорные пластины – 1,5.

Если в результате расчета значение коэффициента запаса  $K$  окажется меньше 2,5, то принимают  $K = 2,5$ .

Вычерчивают корпус приспособления, на котором размещены опоры и детали механизма закрепления заготовки. В качестве корпуса приспособления чаще применяют сварную деталь из листового и профильного проката, реже – отливку. Для выполнения отверстий под опоры и резьбу используют бобышки, жесткость корпусу придают применением ребер. На корпусе выполняют элементы для его установки на станке. Неподвижный корпус приспособления закрепляют на столе станка с помощью болтов с гайками. Головки болтов входят в Т-образные пазы стола. Часто на поверхности приспособления, соприкасающейся с поверхностью стола, устанавливают две призматические шпонки шириной, равной ширине паза стола. Эти шпонки быстро базируют приспособление при его установке. Корпус закрепленного приспособления не должен «свисать» со стола станка. Подвижный корпус, например в виде планшайбы, устанавливают на коническую поверхность шпинделя станка и закрепляют. Если планшайбу устанавливают на наружную коническую поверхность шпинделя, то планшайбу крепят к фланцу шпинделя болтами. Если для установки планшайбы используют внутреннюю коническую поверхность шпинделя, то корпус приспособления крепят с помощью шпильки, проходящей через отверстие шпинделя.

Убеждаются, что погрешность установки заготовки не превышает допустимую. Погрешность установки заготовки в приспособлении  $\epsilon_y$  как суммарное поле рассеяния размера обработки определяют по формуле:

$$\epsilon_y = \sqrt{\epsilon_6^2 + \epsilon_s^2 + \epsilon_{np}^2} \leq [\epsilon_y], \quad (5.13)$$

где  $\epsilon_6$  – погрешность базирования, которая возникает при несовпадении измерительной и технологической баз;  $\epsilon_s$  – погрешность закрепления, возникающая из-за смещения измерительной базы относительно опор приспособ

ления под действием сил закрепления;  $\epsilon_{пр}$  – погрешность положения заготовки относительно режущего инструмента под влиянием неточного изготовления приспособления, его сборки и износа опор;  $[\epsilon_у]$  – допустимая погрешность установки заготовки, которая составляет часть допуска на размер.

Детали приспособления рассчитывают на прочность, жесткость и износостойкость.

На рисунке 5.1 в качестве примера приведено спроектированное приспособление к свердильному станку 2Н135 для одновременного сверления 24-х ступенчатых отверстий в накладке ведомого диска сцепления.

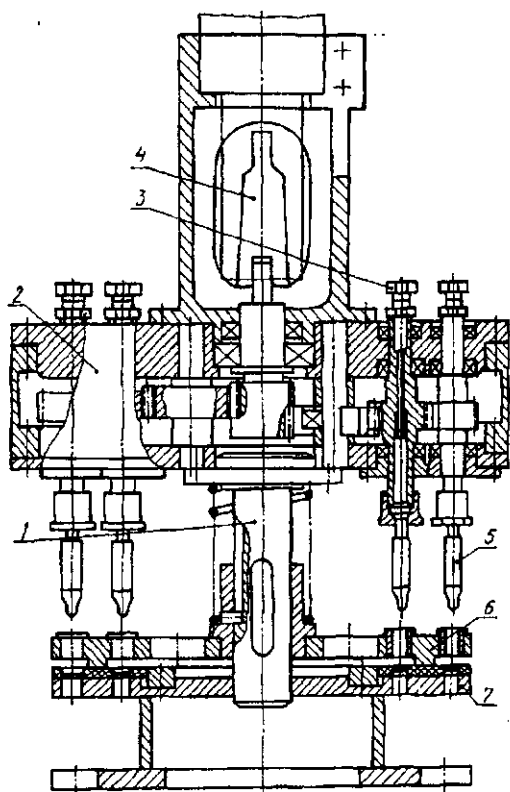


Рис. 5.1. Приспособление для сверления отверстий в накладке ведомого диска сцепления:  
 1 – оправка; 2 – редуктор; 3 – болт; 4 – центр; 5 – сверло;  
 6 – кондукторная плита; 7 – подставка

Приспособление состоит из подвижной и неподвижной частей. В подвижную часть входит редуктор 2 с оправкой 1, шпиндельные узлы со сверлами 5 и кондукторная плита 6. Эта часть приспособления с помощью клеммового зажима крепится на плунжере шпиндельной бабки. Она перемещается при вращении штурвала станка. Неподвижная часть приспособления, которую крепят к столу станка, – это подставка 7 под заготовку. В подставке имеются отверстия под оправку и для выхода сверл. Ведущий вал редуктора приводится во вращения от шпинделя станка посредством центра 4 с лалкой. Редуктор распределяет момент между всеми шпинделями приспособления, не изменяя частоту вращения. В каждом шпинделе имеется осевое отверстие, в котором установлено сверло, промежуточный стержень и болт 3 с контргайкой. Сверло фиксируется от поворота разрезной втулкой с гайкой. Кондукторная плита установлена на оправке со шпонкой. Корпус редуктора со шпинделями, кондукторная плита и подставка ориентированы друг относительно друга оправкой. Между кондукторной плитой и корпусом расположена пружина.

Рабочая часть каждого сверла выполнена из твердосплавной пластинки, форма которой обеспечивает получение ступенчатого отверстия. Частота вращения сверла  $250 \text{ мин}^{-1}$ . Глубину ступени обработанного отверстия регулируют вращением болта. При регулировке на подставку устанавливают металлическую модель детали. Подвижную часть приспособления при этом перемещают в крайнее нижнее положение, а каждое сверло – до его касания с моделью.

Для обработки накладки необходимо привести шпиндели во вращение, поднять с помощью штурвала подвижную часть приспособления до выхода оправки из отверстия приспособления, установить заготовку, опустить подвижную часть головки до касания сверлами заготовки и в течение 10 с производить их подачу.

### 5.2.2. Проектирование стендов (технологических машин)

В зависимости от функционального назначения стенды (технологические машины) бывают: разборные, очистные, для определения технического состояния объектов, для нанесения покрытий (металлических, полимерных, лакокрасочных), механической обработки несложных поверхностей, сборочные, обкаточные, испытательные (для водяных и масляных насосов, усилителей рулевого механизма и др.), для контроля герметичности внутренних полостей, сушильные и др. Несмотря на то, что проектируемые стенды различны по устройству и назначению, можно определить общую методику их проектирования.

При проектировании станда изображают тонкими сплошными линиями ремонтируемый объект (желательно в масштабе 1:5) и обозначают его элементы, взаимодействующие со стандом (базовые поверхности, приводные валы и др.). На чертеже изображают опоры станда, касающиеся технологических баз объекта. Количество видов объекта и расстояния между ними должны быть такими, чтобы можно было изобразить все элементы станда и иметь представление об его устройстве и работе.

При изображении станда показывают ремонтируемый объект в рабочих (начальном и последующих) положениях на опорах станда. Определяют скорость и мощность перемещения ремонтируемого (восстанавливаемого) объекта. Выбирают механизмы, с помощью которых будут выполняться технологические переходы, приведенные в операционной карте. К таким механизмам относят, например, двигатели различных видов (электрические, пневматические, гидравлические и др.) и тормоза, механизмы для закрепления, механизмы для технологического перемещения, устройства для подачи материалов и др.

Вычерчивают корпус станда, на котором расположены опорные элементы и установлены механизмы станда. Корпус станда, как правило, выполняют в виде сборочной единицы из листового и профильного проката. Крепежными элементами являются резьбовые отверстия, выполненные в листах, профилях или в приваренных бобышках. Плоские направляющие выполняют в приваренных толстолистовых деталях. Жесткость корпусу придают приваренные ребра. Учитывают, что корпус в ряде случаев должен быть закреплен на полу с помощью фундаментных болтов.

Для испытательных и обкаточных средств выбирают нагружающее устройство. Для очистных машин и стандов для нанесения покрытий принимают устройство для подготовки и перемещения среды или материала.

Предусматривают меры по защите рабочего от вредных или опасных факторов (механических, тепловых, лучистых, шумовых, химических и др.) путем установки кожухов, щитков и экранов, блокировки перемещений при открытых локах и дверцах, использования вентиляции, светофильтров и др.

Двигатели, редукторы и исполнительные механизмы устанавливают на раме (корпусе) и производят оптимизацию конструкции. Предусматривают подвод производственных ресурсов и отвод отходов.

Выполняют эргономическую проработку станда. Органы управления должны находиться в зонах досягаемости рук и ног рабочего, усилия на рычаги и педали не должны превышать установленных значений, а пока-

зания приборов легко читаться. Стенд должен быть приспособлен к возможностям и особенностям человека.

Стараются, чтобы конструкция стенда была композиционно целостной и пропорциональной. Учитывают категории композиции и тектонику в объемно-пространственную структуру. Тектоника – это чистое отражение работы конструкции и материала объекта в его форме. Объемно-пространственная структура определяется взаимосвязью всех элементов машины как между собой, так и с пространством.

В заключение расчетом устанавливают, что детали стенда прочные жесткие и износостойкие.

На рисунке 5.2 приведен пример разработанного стенда настольного гайковерта, который предназначен для завинчивания гаек шатуна с моментом 68...75 Н·м перед растачиванием отверстия нижней головки.

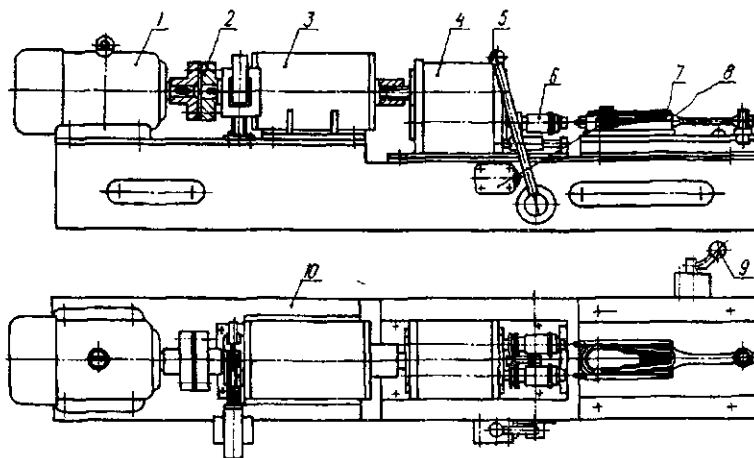


Рис. 5.2. Гайковерт для шатуна:

- 1 – электродвигатель; 2 – муфта; 3 – редуктор; 4 – делитель момента;  
 5 и 9 – рукоятки; 6 – ключ; 7 – опорно-зажимной механизм;  
 8 – конечный выключатель; 10 – основание

Гайковерт состоит из основания 10, электродвигателя 1 с муфтой 2, планетарного редуктора 3 с устройством для ограничения крутящего момента, делителя момента 4 с двумя шпинделями и ключом 6, опорно-зажимного механизма 7.



Механизм гайковерта, создающий тарированный момент затяжки, включает в себя электродвигатель с муфтой и планетарный двухступенчатый редуктор со специальным ограничивающим устройством.

Делитель момента с помощью цилиндрического дифференциала распределяет момент на равные части между шпинделями, в которые установлены подпружиненные торцовые ключи. Смыкание их с гайками производится рукояткой 5. Она взаимодействует с конечным выключателем 8, при помощи которого определяется момент подачи напряжения на электродвигатель.

Шатун с наживленными на болты гайками устанавливают на две оправки. Для установки кривошипной головки применяют цанговую оправку с приводом от пневмоцилиндра.

Поворотом рукоятки 9 подают сжатый воздух. Оправка ориентирует крышку шатуна относительно его тела без радиального смещения в направлении стыка. Торцовые ключи с помощью рукоятки 5 надевают на гайки. Одновременно с этим включается и электродвигатель. В зависимости от соотношения моментов трения в резьбах частоты вращения шпинделей могут быть различными, однако крутящие моменты одинаковы. После достижения необходимого момента затяжки обеих гаек происходит кинематическое разъединение потока мощности между электродвигателем и выходным валом планетарного редуктора. Рукоятки 5 и 9 возвращают в исходное положение. Шатун освобождается от ключей оправки.

Применение гайковерта сокращает основное время сборки в 1,7 раза по сравнению со сборкой одношпиндельным гайковертом и контролем момента затяжки динамометрическим ключом.

#### Техническая характеристика гайковерта

Мощность электродвигателя, кВт	1,5
Максимальная частота вращения шпинделей, $\text{с}^{-1}$	14,4
Передаточное число редуктора	21
Габаритные размеры (длина × ширина × высота), мм	1450 × 405 × 400
Масса, кг	120

### 5.2.3. Проектирование специальных средств измерений

В ремонтном производстве проектируют и изготавливают специальные средства для измерения линейных размеров и параметров расположения.

Методика проектирования жестких калибров (пробок и скоб) изложена в курсах нормирования точности и технических измерений.

С помощью других средств собственного изготовления измеряют следующие параметры:

- отклонение от соосности двух или более поверхностей, которое определяется параллельным смещением осей друг относительно друга или их перекосом;

- радиальное биение как разность наибольшего и наименьшего расстояний от проверяемой поверхности тела вращения до оси вращения. Параметр включает величину несоосности и погрешности формы в поперечном сечении;

- торцовое биение как разность между наибольшим и наименьшим расстояниями от торцовой поверхности до плоскости перпендикулярной оси вращения. Параметр измеряют на заданном (чаще наибольшем) радиусе торцовой поверхности;

- отклонение пересекающихся осей от номинального относительного расположения, выраженное отклонением от заданного угла между осями или величиной непересечения, определяемой как кратчайшее расстояние между осями;

- отклонение скрещивающихся осей от номинального расположения, которое выражается отклонением угла между осями и базовыми поверхностями, а также отклонениями заданного расстояния между осями;

- непараллельность оси вращения и плоскости – разность наибольшего и наименьшего расстояний между осью вращения и заданной плоскостью на определенной длине;

- неперпендикулярность поверхностей – отклонение угла между ними. Если поверхности расположены под углом друг к другу, отличным от прямого, то определяются отклонения от этого угла.

Погрешности относительного расположения поверхностей подчиняются закону Рэлея.

Отклонения от соосности шеек, их радиальное и торцовое биение поверхностей измеряют с помощью индикаторной головки на штативе при вращении вала в центрах или на призмах с упором в торец. Соосность опор корпусной детали и биения их торцов относительно поверхности опор измеряют с помощью индикаторной скалки, вращающейся в крайних опорах детали и опирающейся на измерительную базу.

Ряд параметров расположения измеряют относительным способом. Комплект контрольного прибора включает корпус, эталон детали и индикаторы. В корпусе приспособления имеются опорные элементы для установки эталона контролируемой детали или самой детали. В необходимых местах прибора установлены неподвижно или с возможностью перемеще-

ний индикаторы для измерения линейной величины. При настройке прибора на опоры его корпуса устанавливают эталон, рабочие поверхности которого выполнены с минимальной погрешностью расположения поверхностей. Измерительные наконечники индикаторов вводят в соприкосновение с рабочими поверхностями эталона. Стрелки индикаторов совмещают с нулевыми штрихами шкал. Затем вместо эталона на опоры корпуса устанавливают контролируемую деталь. Измерительные наконечники индикаторов вводят в соприкосновение с поверхностями детали. Показания индикаторов определяют отклонения размеров и параметров расположения от нулевых или номинальных значений.

С помощью прибора (рис. 5.3), например, измеряют диаметральные размеры юбки поршня в двух сечениях и отклонения ее формы с ручным поворотом детали относительно ее оси.

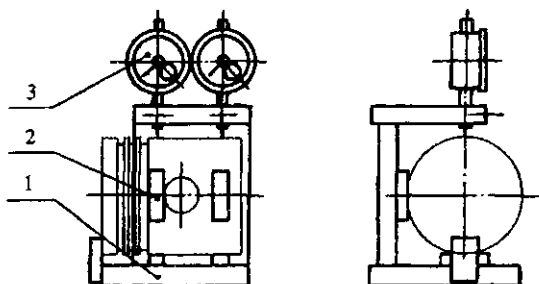


Рис. 5.3. Прибор для измерения размеров, эллипсообразности и конусообразности юбки поршня:  
1 — основание; 2 — опоры; 3 — индикаторы

Перед измерениями детали на опорные элементы 2 прибора устанавливают эталон поршня, имеющий форму образцового цилиндра номинального диаметра, а стрелки индикаторов при этом совмещают с нулевыми значениями шкал. Затем снимают эталон и устанавливают измеряемую деталь. Измеряют размеры детали сначала в положении, при котором ось поршневого пальца горизонтальна (положение 1), а затем в процессе поворотов детали вокруг ее оси в одну и другую сторону на угол примерно  $45^\circ$  (положения 2 и 3). Значение размера в правом сечении, отстоящем от ее торца на 5 мм, в положении 1 определяет диаметр юбки. Показания левого индикатора в этом положении детали определяют значения конусообразности юбки, а разность показаний каждого индикатора в положениях 1, 2 и 3 определяет ее эллипсообразность.

## 5.3. ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ СРЕДСТВ РЕМОНТА

### 5.3.1. Основы методологии создания средств ремонта

Методы проектирования средств ремонта, как правило, ориентированы на создание единичных технологических машин. С целью повышения эффективности созданных средств ремонта рассматривают и проектируют их систему.

*Система средств ремонта* – это иерархическое многоуровневое множество технологических машин основного производства, необходимо для выполнения всех технологических воздействий на предмет ремонта на пути его превращения из состояния ремонтного фонда в состояние товарной продукции.

Методология проектирования системы средств ремонта базируется на диалектическом единстве их анализа и синтеза.

*Анализ* в данном случае представляет собой декомпозицию системы действующих средств ремонта на части, их классификацию и изучение с целью отбора по критериям эффективности лучших образцов для дальнейшего применения. Анализ устанавливает зависимости между основными компонентами технологической подготовки ремонтного производства, оценивает количественно эти зависимости и находит локальные оптимумы целевых функций.

*Синтез* – это теоретическое соединение по установленным правилам друг с другом лучших частей средств ремонта, выделенных при анализе, с добавлением перспективных и прогрессивных элементов и последующим образованием новой более эффективной системы. Синтез включает образование многоуровневых структур создаваемой системы, формализацию этих структур и их оптимизацию за счет нахождения области глобальных оптимумов целевых функций. Синтез является основным и заключительным этапом проектирования.

Систему средств ремонта рассматривают на уровнях исполнительных агрегатов технологических машин, самих машин и их комплексов (табл. 5.7). Система методов синтеза средств ремонта учитывает органическое соответствие технологических объектов и их функций, при этом считают, что исполнительный агрегат выполняет технологический переход технологическая машина – технологическую операцию, а комплекс СТС производственного участка – технологический процесс.

Отношения систем технологических процессов, средства и методов проектирования

Система технологических воздействий	Система технологических объектов	Система методов синтеза технологических объектов	Критерия оптимизации
Переходы	Исполнительные агрегаты и их ряды	Структурный синтез разнофункциональных исполнительных агрегатов (модулей)	Затраты
		Параметрический синтез рядов исполнительных агрегатов (модулей)	Затраты
Операции	Технологические машины	Компоновочный синтез технологических машин	Производительность
Процессы	Комплексы технологических машин	Планировочный синтез комплексов технологических машин	Производственная площадь Транспортная работа

Свойства сложных объектов не исчерпываются только свойствами составляющих их элементов, а обусловлены также связями и отношениями между всеми элементами. Синтез таких объектов во всей их сложности и в развитии целесообразен с позиций системного подхода, который предполагает [29; 35; 59; 60]:

- целостное рассмотрение без пропусков и повторений множества элементов «исполнитель – средства ремонта – предмет ремонта», их функций, связей и отношений друг с другом и с элементами внешней среды, подчиненное цели технологической готовности производства;

- определение функции цели, как затрат прошлого (овеществленного), настоящего (живого) и будущего труда на создание и функционирование системы;

- выявление системного эффекта в виде разности затрат, с одной стороны, на создание комплекса единичных машин, с другой – 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.

Для удовлетворения спектра потребностей в технологических переходах над ремонтируемыми объектами проектные работы СТО ведут на трех их системных уровнях:

- вначале разрабатывают для каждого типа технологических переходов базовый исполнительный агрегат путем его структурного синтеза. Этот агрегат предназначен для выполнения технологического перехода, значение главного параметра которого соответствует модальному (наиболее часто встречаемому) значению функции спроса на агрегаты данного типа;

- затем в результате параметрического синтеза из каждого базового агрегата образуют ряд однотипных агрегатов с измененными значениями главного параметра. Этот ряд агрегатов способен выполнить все технологические переходы данного типа;

- и в заключение разрабатывают компоновки технологических машин, включающие исполнительные агрегаты, выбранные из разных типоразмерных рядов.

Такой подход к разработке и созданию системы СТО ремонтного завода обеспечивает нахождение множеств компонентов технологической подготовки ремонтного производства, оптимальных с позиций принятых критериев и с минимальной трудоемкостью проектирования. Он обеспечивает экономически обоснованное и технически оправданное множество типов технических устройств и их модулей. Это уменьшает затраты труда и времени на создание средств ремонта, упрощает их обслуживание и ремонт, позволяет переналадку при смене ремонтируемых объектов.

Множество работ по проектированию средств ремонта, основанное на системном подходе, содержит (рис. 5.4):

- выбор функции цели;
- выбор критериев оптимизации на различных стадиях проектирования;
- определение спектра потребностей в исполнительных агрегатах технологических машин;

синтез структур исполнительных агрегатов различных типов;

синтез типоразмерных рядов агрегатов;

компонование отдельных машин; образование комплекса машин.

Проектирование средств ремонта по приведенной схеме с использованием принципа обратной связи обеспечивает непрерывный технико-экономический анализ разработки путем соизмерения результата с соответствующими затратами и не допускает неэффективные решения на последующие стадии проектирования.

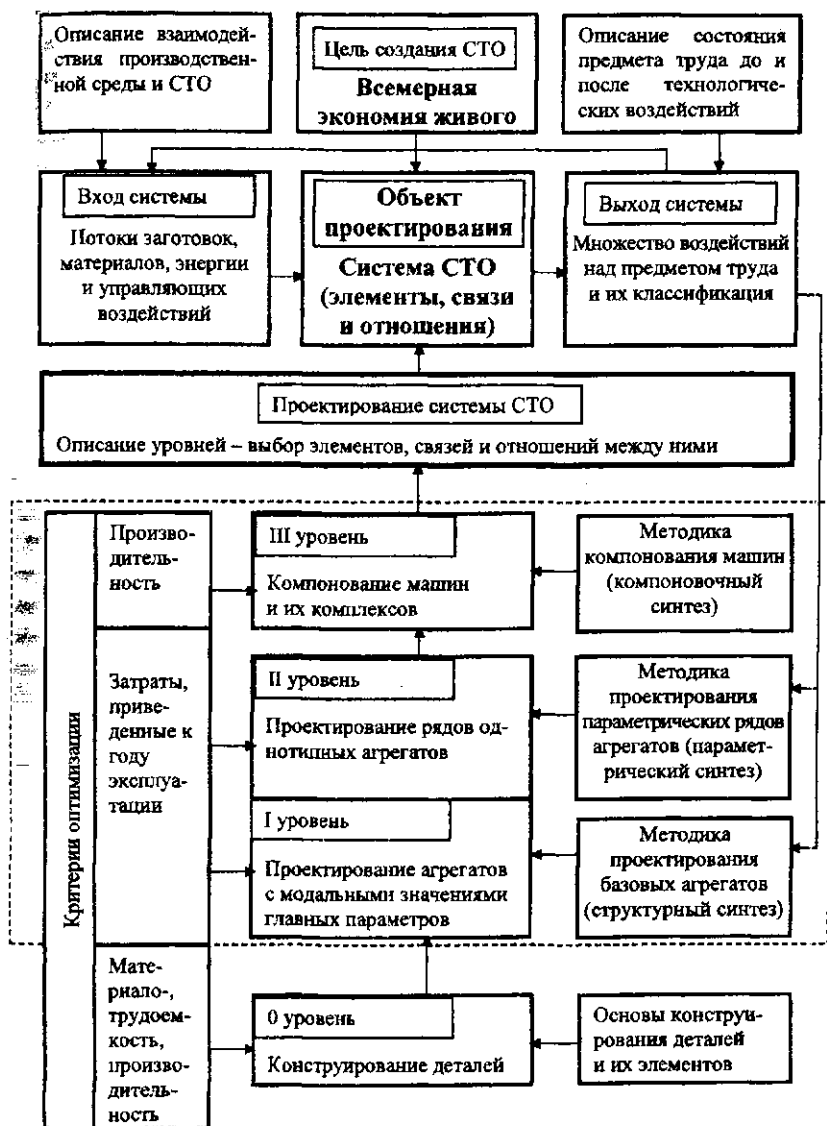


Рис. 5.4. Блок-схема проектирования системы СТО ремонтного завода

Применяют структурный, параметрический и компоновочный синтез создаваемых средств ремонта и соответствующую оптимизацию. Структурный синтез – это описание различных структур технологических объектов, а выбор наилучшего варианта из них – является структурной оптимизацией. Определение главных параметров системы и их значений составляет предмет параметрического синтеза, а выбор наилучшей совокупности значений параметров, оптимальной с позиций принятых критериев при заданной структуре объекта представляет собой параметрическую оптимизацию. Компоновочный синтез технологических машин оптимизирует решения при разработке их отдельных образцов.

На стадии структурного синтеза находят множество новых прогрессивных технических решений, а на стадии параметрического синтеза тиражируют эти решения с измененными значениями их главного параметра. Здесь учтено действие законов возникновения и развития технических систем, соотношение новизны и преемственности технических решений. Компоновочный синтез завершает разработку технологических машин, построенных из системы исполнительных агрегатов.

Постановка задачи по проектированию СТО собственного изготовления – описать систему элементов в их связях и отношениях, обеспечивающих безусловное выполнение совокупности технологических переходов над предметом ремонта с определением его промежуточных и конечного состояний при минимальном расходе производственных ресурсов.

Технологическим заданием на проектирование выступает система связей  $Z_1, Z_2, \dots, Z_m$  и  $Z_2$  (см. рис. 1.2), которая описывает множество необходимых технологических воздействий со стороны СТО на предмет ремонта в виде технологических переходов и определяет потребность в исполнительных агрегатах СТО.

Таким образом, концептуальный подход к созданию системы ремонта, включает представление основного материального объекта ремонтного производства – 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 ремонтируемых объектов, сокращает объем проектных работ в 2...3 раза и уменьшает на 30...50 % объемы работ по изготовлению и вводу в эксплуатацию СТО.



### 5.3.2. Структурный синтез исполнительных агрегатов (модулей) средств технологического оснащения

*Исполнительный агрегат* технологической машины – это ее унифицированный элемент, обладающий полной взаимозаменяемостью с аналогичными устройствами и выполняющий часть технологической операции.

Исполнительный агрегат технологической машины *основной* предназначен для выполнения основного перехода, а *вспомогательный* – для выполнения вспомогательного перехода.

*Модуль функциональный* – исполнительный агрегат технологической машины, общий для нескольких разнофункциональных технологических машин.

Постановка задачи структурного синтеза агрегата – из числа существенных признаков исполнительного агрегата построить структуру этого агрегата, выполняющего заданную технологическую функцию и обеспечивающего минимальные затраты на его создание и эксплуатацию. Затраты относят к одному технологическому переходу. Существенные признаки агрегата – это составляющие агрегат элементарные механизмы, их связи и отношения между собой. В структуре агрегата каждый из механизмов необходим, а все вместе достаточны для обеспечения заданной функции агрегата. Заданная функция – это предписанный технологический переход (основной или вспомогательный) над предметом ремонта.

Потребность в СТО выражается множеством распределений количества одноименных функций по значениям их главного параметра и находится в результате разработки соответствующих технологических процессов. Множество функций классифицируют без пропусков и повторений по их типам и значениям. Часть функций, выполняемая СТО, которые изготавливают на специализированных предприятиях и которые поступают на ремонтное производство в виде товарной продукции, вычитается из начального множества функций. Остальная их часть в виде гистограмм распределений учитывает: 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 наносят восстановительные покрытия; размеры элементов, подвергаемых различным видам механической и термической обработки; массу деталей, подаваемых на позиции сортировки, обработки, контроля и сборки и др.

Решение базируется на графовом представлении возможных вариантов структуры агрегата и поиска его оптимальной структуры.

Структура агрегата (рис. 5.5) описывается графом  $\Gamma$ , множеством вершин которого  $p$  соответствует множеству составляющих механизмов,  $i$  — множество дуг  $Z$  — затратам на создание и использование механизмов:

$$\Gamma = (p, Z). \quad (5.14)$$

Основываясь на идеях «морфологического анализа» Ф. Цвикки, граф состоит из горизонтальных рядов вершин, каждый из которых представляет множество  $i$  исполнений механизма  $j$ -го типа

$$p = p_{ij},$$

где  $i = (1 \dots m); j = (1 \dots n)$ .

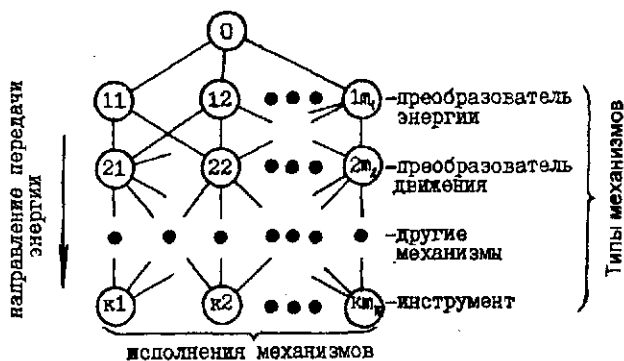


Рис. 5.5. Граф структур исполнительного агрегата:

1, 2, ...,  $k$  — типы механизмов;

$m_1, m_2, \dots, m_k$  — количество видов механизмов 1-го, 2-го,  $k$ -го типа соответственно

Следование ярусов графа сверху вниз соответствует направлению передачи движения или энергии.

Варианты частей агрегата находятся из логических и эвристических представлений о различных способах преобразования энергии и движения разных конструкций элементов и их взаимного расположения. Глубину поиска обеспечивает широкий учет применяемых и мыслимых признаков механизмов и рассмотрение множества как известных, так и новых сочетаний признаков.

Анализ показывает, что в ремонтном производстве применяется небольшая доля физических эффектов, описанных в технической литературе. Это связано с неудовлетворительным уровнем научно-технической информации и научно-лабораторной базы предприятий и недостаточным вниманием к фундаментальным исследованиям. Эти факты объясняют невысокий уровень как самих средств ремонта, так и технологических процессов.

При накоплении опыта проектирования средств ремонта применяют распространенный поиск технических решений – малоэффективный метод «проб и ошибок» в виде случайного перебора возможных вариантов устройств и технологических воздействий и их сочетаний с использованием интуиции и навыков разработчика.

Поиску новых образцов технических объектов и протекающих с помощью них процессов посвящено большое количество литературы. Для этой цели применяют такие методы, как: логические, эвристические, альтернативного поиска, инверсии, комбинирования и алгоритмические.

*Логические* методы основаны на законах формальной логики, ассоциаций и генерирования идей. *Эвристические* методы (аналогий, контрольных вопросов, репродукций, прецедента, модификаций и др.) развивают интуицию разработчика на основании рассмотрения объектов живой и неживой природы, прошлого и настоящего. Литература по техническому творчеству и изобретательству содержит описание десятков логических и эвристических методов поиска новых объектов и процессов. Наиболее эффективные и применяемые из них следующие:

- метод «контрольных вопросов» – упорядочение перебора вариантов с преодолением инерции мышления. Один из наиболее удачных списков вопросов принадлежит Дж. Эйлоарту [94];

- эвристический метод, описанный Дж. Диксоном [28], базирующийся на использовании интуиции, фантазии и смекалки, абстрагировании от привычного хода мышления, нередко идущего вразрез с выводами формальной логики;

- метод «гирлянд случайностей и ассоциаций» [16], основанный на сопоставлении схожих признаков случайных предметов и явлений;

- метод «музейного эксперимента» [16], при котором древние методы и устройства служат аналогами для создания современных устройств. Метод учитывает действие философского закона «отрицания отрицания»;

- метод биоанalogии, учитывающий тот факт, что принципы или элементы растительного или животного мира являются прообразами устройств в технике;

- «мозговой штурм» (мозговая атака, совещание пиратов), предложенный А. Осборном [102] после попытки усовершенствовать метод «проб и ошибок»;

- синектика – метод, предложенный В.Дж. Гордоном [99] как разновидность «мозгового штурма». Он отличается от метода А. Осборна обсуждением проблемы постоянными группами людей разных специальностей с использованием специальных приемов психологической настройки, применением некоторых видов аналогий и так называемых операционных механизмов;

- «морфологический анализ» (метод многомерных диаграмм), разработанный Ф. Цвикки [105]. Здесь интуитивный поиск вариантов устройств заменяют интуитивным поиском классов и «координатных осей». При этом синтезируют как известные, так и новые варианты, которые при простом переборе могут быть упущены;

- метод «организующих понятий», разработанный Ф. Ханзеном [89]. Согласно этому методу устанавливают множество понятий и определяют их отличительные признаки. После классификации и сопоставления элементов решений разрабатывают руководящие материалы с последующей комбинацией признаков различных организующих понятий и решений;

- метод «матриц открытия», разработанный А. Модем [101]. Этот метод, как и метод Ф. Цвикки, преследует цель систематического исследования всех мыслимых вариантов, вытекающих из закономерности строения (морфологии) объекта. Однако он гораздо проще и при потере некоторой информации ограничивает количество рассматриваемых вариантов приемлемым числом;

- стратегия семикратного поиска Г.Я. Буша [16], элементами которой являются: анализ проблемной ситуации; анализ функций аналогов; формулирование изобретательской задачи; генерирование и конкретизация идей; оценка альтернатив и выбор рациональных вариантов; упрощение и определение использования объекта.

Методы *альтернативного поиска* основаны на комплексном использовании приемов поиска, образующих альтернативные пары «прием – антиприем», например: уменьшение – увеличение, миниатюризация – гиперболизация, микроидеализация – макроидеализация.

Методы *инверсии* (физических величин, параметров, направления действия, материалов, энергии, информации, рабочих процессов, формы, свойств и др.) играют важную роль в техническом творчестве. Они преду-

смаатривают поиск технических решений в направлениях, существенно отличающихся от принятых в конструировании аналогичных объектов.

Методы *комбинирования* базируются на системном анализе основных признаков изделия, образующих техническое описание его конструктивных исполнений. Использование методов связано с синтезом новых технических решений в целом по объекту и перспективному многообразию его исполнений. Методы включают: разделение функций (параметров) на упорядоченные множества; классификацию подфункций и составление «морфологического ящика»; установление ограничений; отбор совместимых и целесообразных решений.

Из *алгоритмических* методов наиболее известен, разработанный Г.С. Альтшуллером [7], алгоритм решения изобретательских задач, который включает: уяснение условий задачи, преодоление привычных представлений об объекте и психологической инерции, системный подход, определение идеального конечного результата, использование типовых приемов решения. Алгоритм содержит девять этапов решения: переход от расплывчатой изобретательской ситуации к четко построенной и предельно простой задаче; учет имеющихся ресурсов пространства, времени и полей, которые можно использовать при решении задачи; определение образа идеального решения и физического противоречия, мешающего достижению этого решения; продолжение поиска решения, основанного на использовании ресурсов вещества и полей с наименьшими затратами; использования опыта, имеющегося в информационном фонде алгоритма; изменение задачи за счет снятия первоначальных ограничений; проверка качества полученного ответа по критерию затрат на преодоление физического противоречия; определение возможности максимального использования ресурсов найденного решения; анализ решения. На основе алгоритма Г.С. Альтшуллера в Минске разработана компьютерная программа «Изобретающая машина» [44].

Приведенные методы отличаются друг от друга как сложностью, так и эффективностью поиска. Однако обнаруживается аналогия в структуре и элементах этих методов: во-первых, процесс решения делится на ряд этапов; во-вторых, наблюдается определенная последовательность этапов, сохраняющаяся в методах.

Профессор А.И. Половинкин выдвинул гипотезу о возможности построения обобщенного метода [78], содержащего единую последовательность наиболее общих этапов. Алгоритм обобщенного метода содержит массивы информации: список требований, предъявляемых к техническим решениям; фонд физических эффектов; фонд технических решений, вклю-

чающий последние наиболее эффективные запатентованные решения; список поисковых процедур; список методов оценки и выбора вариантов технических решений. Обобщенный метод А.И. Половинкина имеет наиболее полную методическую завершенность, однако в полном объеме его база знаний не опубликована. Этот пробел в литературе по техническому творчеству восполняют книги В.Н. Глазунова [22; 23].

В связи с непрерывным процессом развития науки и техники методы поиска новых технических решений должны отражать происходящие процессы и развиваться. Применительно к алгоритму А.И. Половинкина возможными путями развития являются: обновление массивов информации; разработка эффективных поисковых процедур и эвристических приемов; оптимизация состава процедур на всех этапах алгоритма; комплексная формализация процедур; перенос алгоритма на машинные носители и создание соответствующей человеко-машинной программы. По нашему мнению, обобщенный алгоритм универсален, но трудоемок, и при введении ограничений на создание новых устройств вырождается в один из ранее рассмотренных частных методов.

Стремление формализовать поиск новых устройств заставляет выбирать подходящий метод из числа логических и эвристических. Из них наиболее подходящим является «морфологический анализ» Ф. Цвикки. Однако выделение наиболее эффективного варианта из синтезируемых устройств затруднено.

Продолжим поиск оптимальной структуры агрегата, имея его графовое описание. Подмножество вершин, взятых по одной из каждого ряда графа (см. рис. 5.5), определяет одно исполнение агрегата, а число таких исполнений достигает значения  $m_1 \cdot m_2 \dots m_k$ . Несовместимость некоторых признаков между собой сокращает количество вариантов агрегата. Множество сочетаний признаков агрегата  $W$ , находящихся в конъюнктивно-дизъюнктивных связях «и – или» выражается зависимостью:

$$W \subseteq \{(P_{11} \cup P_{12} \cup \dots \cup P_{1m_1}) \cap (P_{21} \cup P_{22} \cup P_{2m_2}) \cap \dots \cap (P_{k1} \cup P_{k2} \cup P_{km_k})\}. \quad (5.15)$$

Длину каждой дуги графа определяют как затраты на создание и эксплуатацию последующего механизма, отнесенные к одному технологическому переходу. Расчет ведут для модального значения гистограммы потребностей в агрегатах данного типа.

Подмножество вершин на кратчайшем пути из вершины  $O$  в одну из вершин нижнего ряда вершин графа соответствует оптимальной структуре агрегата. Искомый путь между указанными вершинами определяют с по-

мощью динамического программирования [30], для чего находят направления движения из каждой вершины графа из рекуррентного соотношения:

$$Z_{i+1} = \min (\text{по всем вершинам графа}) [Z_{(i+1)-1} + Z_i], \text{ руб.}, \quad (5.16)$$

где  $i$  – шаги решения;  $Z_i$  – приведенные затраты на технологический переход (далее – затраты), отнесенные к  $i$  механизмам агрегата, при условии, что соответствующий участок графа выбран оптимальным образом, руб.;  $Z_{i+1}$  – затраты, отнесенные к  $i+1$  механизмам, руб.;  $Z_{(i+1)-1}$  – затраты, отнесенные к присоединению  $(i+1)$ -го механизма агрегата к  $i$  его механизмам, руб.

Математическая сторона синтеза исполнительного механизма совпадает с выбором оптимального технологического процесса (см. раздел 4.2.2), поскольку в обоих случаях используют схожие графы и рассматривают одни и те же функции.

Спроектированные агрегаты как основания параметрических рядов или модулей являются законченными объектами. Их устройства отвечают требованиям разнообразных по назначению машин с минимальным количеством стыков.

#### **Пример разработки технологического модуля для очистки деталей от маслягрязевых и асфальтосмолистых загрязнений в растворах технических моющих средств (ТМС)**

Комплект очищаемых деталей двигателя включает блок цилиндров, шатуны, поршни, коленчатый и распределительный валы, крышки, картеры и другие детали. Для очистки применяют водный раствор Лабомид-101 или Лабомид-203 при температуре 80...90 °С. Массовая доля очистных средств составляет 20...30 г/л. Технологический модуль образуется из шести типов устройств (табл. 5.8), выполняющих функции подачи деталей в зону очистки, технологического перемещения деталей в рабочей камере, подогрева раствора, взаимодействия раствора с деталями, активации очистного раствора и его регенерации. Устройство каждого типа может быть выполнено в различных видовых исполнениях. Сведения морфологической матрицы представлены в виде графа (рис. 5.6), который формирует 2304 варианта модуля. Значения затрат приведены в долях базовой величины (БВ).

Оптимизационные расчеты начинаем с определения путей движений из вершин предпоследнего 6-го яруса графа, поскольку ниже его 7-го яруса значения затрат  $Z_i$  формально равны нулю.

Сравним между собой пути, выходящие из вершин 6а, 6в и 6д. Все самые короткие пути из указанных вершин ведут в вершину 7д. Все дуги, ведущие в эту вершину, ориентируем стрелками, а в вершины 6-го яруса вписываем значение функции цели  $Z_{i+1} = 0,08$  БВ.

Морфологическая матрица составляющих устройств технологического модуля  
для очистки деталей

Наименования составляющих устройств или их признаков	Координаты вершин	Затраты, доли БВ
Подача деталей в зону очистки:		
- конвейером;	2а	0,01
- транспортером;	2б	0,03
- кран-балкой;	2г	0,04
- вручную	2д	0,11
Виды движения деталей в рабочей камере:		
- прямолинейное горизонтальное;	3а	0,12
- возвратно-поступательное в вертикальной плоскости;	3б	0,25
- маятниковое вокруг горизонтальной оси;		0,14
- вращательное вокруг горизонтальной оси	3г	0,09
	3д	
Способ подогрева раствора:		
- паровыми теплообменниками;	4а	0,38
- подачей пара в раствор;	4б	0,46
- электрическими нагревателями;	4г	0,25
- пленочными нагревателями	4д	0,19
Виды взаимодействия раствора с деталями:		
- статическое;	5а	0
- струйное;	5б	0,48
- вихревое	5д	0,36
Виды активации очистного раствора:		
- лопастным винтом;	6а	0,43
- ротором-активатором;	6б	0,34
- наложением ультразвуковых колебаний	6д	0,68
Виды регенерации очистного раствора:		
- отстаиванием;	7а	0,18
- коагуляцией;	7б	0,14
- флотацией;	7г	0,12
- фильтрованием	7д	0,08

Аналогично, все самые короткие пути из всех вершин 5-го яруса проходят через вершину 6в, из вершин 4-го яруса – через вершину 5а, из вершин 3-го яруса – через вершину 4д и из вершин 2-го яруса – через вершину 3д. Из вершины 1в возможны четыре пути движения, но самый короткий из них ведет через вершину 2а. Отмеченные короткие пути из вершин ярусов обозначаем стрелками, а в вершины графа вписываем соответствующие значения функции цели  $Z_{i+1}$ .



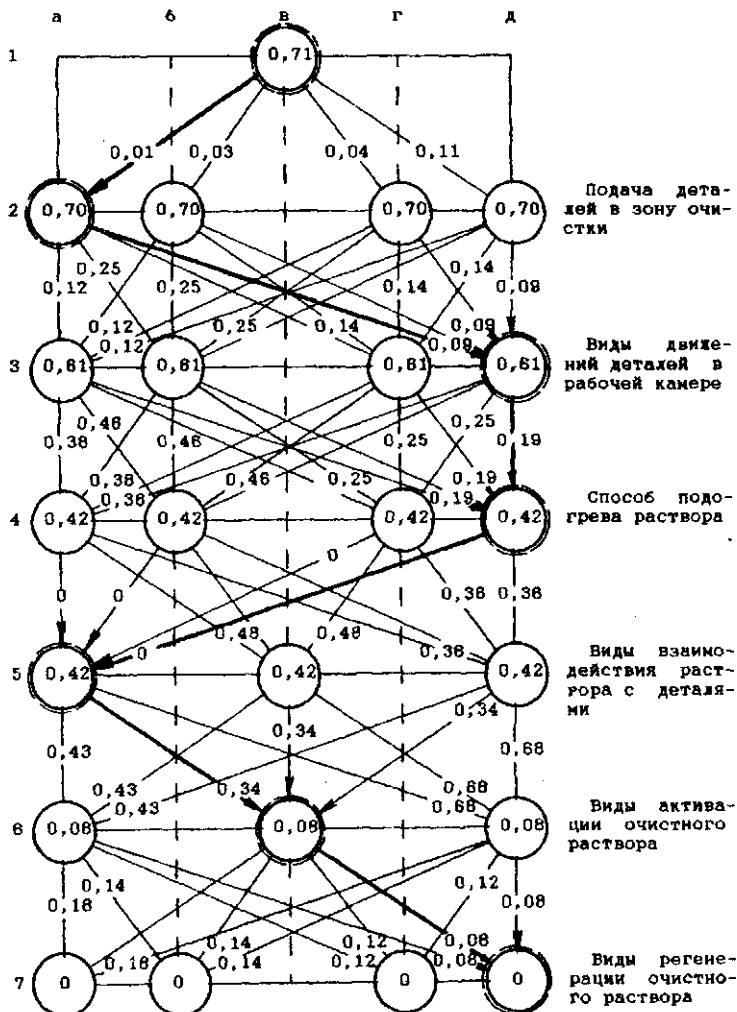


Рис. 5.6. Граф составляющих устройств технологического модуля для очистки деталей от маслягрязевых и асфальтосмолистых загрязнений в растворах ТМС

Теперь легко находится самый короткий путь из вершины 1в в одну из вершин 7-го яруса. Этот путь можно прочесть, если двигаться из вершины 1в в

направлении ориентированных дуг. Кратчайший путь проходит через вершины 1в – 2а – 3д – 4д – 5а – 6в – 7д. Значение функции затрат равно 0,71 БВ. Прохождение кратчайшего пути через вершину 5а соответствует очистке деталей без движения их в очистном растворе, что весьма эффективно при очистке деталей в межсменное время при отключенной подаче тепла на нагрев раствора. Эту возможность нельзя использовать в течение рабочей смены. Поэтому мысленно исключаем из графа вершину 5а и связанные с ней дуги. После повторения расчета получаем сочетание вершин графа: 1в – 2а – 3д – 4д – 5д – 6в – 7д. Это сочетание описывается конструктивными признаками:

- комплект деталей на очистку подают конвейером;
- устройство для перемещения деталей в рабочей камере обеспечивает их вращение вокруг горизонтальной оси;
- нагрев технологического раствора производится пленочными нагревателями;
- раствор взаимодействует с очищаемыми деталями вихрями в сплошной среде (что достигается при погружном способе очистки);
- раствор активирован роторами-активаторами;
- раствор регенерируют с помощью механических фильтров.

Новое значение функции затрат на очистную операцию равно 1,05 БВ.

Принципиальное устройство разработанного технологического модуля приведено на рисунке 5.7.

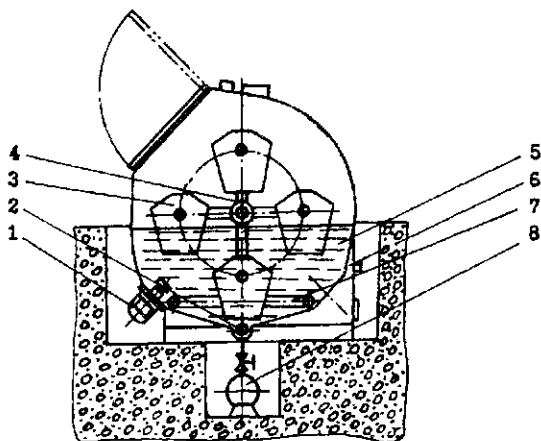


Рис. 5.7. Машина для погружной очистки изделий от маслогрязевых и асфальтосмолистых загрязнений:

- 1 – ротор-активатор; 2 – устройство для сбора загрязнений; 3 – контейнер;  
4 – вал с крестовинами; 5 – ванна; 6 – маслосборник; 7 – теплообменник; 8 – насос

Технологический модуль выполнен в виде погружной машины крестово-роторного типа и включает ванну 5, внутри которой на опорах установлен вал 4 с крестовинами, теплообменник 7, роторы-активаторы 1, маслосборник 6 и устройство для сбора загрязнений 2 с насосом 8. На шипы крестовины подвешиваются контейнеры 3 с деталями. Устройство фильтрации на схеме не приведено, оно непрерывно очищает раствор при работе модуля. Вал приводится во вращение от электродвигателя через клиноременную передачу и редуктор. Дно ванны выполнено с уклоном для облегчения удаления шлама.

Контейнеры с очищаемыми объектами устанавливают на шипы крестовин при открытой крышке ванны. Закрывают крышку и включают привод вращения вала. Контейнеры с объектами очистки периодически с частотой  $3 \dots 10 \text{ мин}^{-1}$  погружаются в очистной раствор и извлекаются из него. Частоту вращения вала выбирают из расчета, чтобы раствор успел заполнить полость агрегата и вытечь из нее во время нахождения очищаемого объекта в растворе и над ним соответственно. Это обеспечивает непрерывное обновление раствора на очищаемой поверхности детали и высокую скорость диффузионных процессов в граничном слое жидкости.

Контейнер с очищенными изделиями снимают кран-балкой при остановленном приводе и открытой крышке.

Интенсивность погружной очистки увеличивается при гидродинамической активизация очистного раствора за счет радиальных турбулентных потоков раствора.

### 5.3.3. Параметрический синтез рядов исполнительных агрегатов

Параметрический синтез исполнительных агрегатов СТО как стадия проектирования учитывает тот факт (рис. 5.8), что однофункциональные воздействия на предмет ремонта описываются различными значениями основного параметра (массой перемещаемого объекта, моментом отворачивания резьбы, усилием выпрессовывания и др.).

Постановка задачи построения оптимального параметрического ряда (ОПР) однотипных агрегатов – построить ряд агрегатов с такими значениями главного параметра, чтобы удовлетворялась потребность в этих агрегатах с наименьшими затратами.

Задачу решают путем составления множества всевозможных рядов агрегатов без пропусков и повторений и разработки алгоритма выбора из этого множества значений параметра, обеспечивающего минимум затрат на создание и функционирование агрегатов ряда. На стадии параметрического синтеза сохраняют конструктивную схему устройст-

ва, тем самым ограничивают множество его исполнений и обеспечивают преемственность.

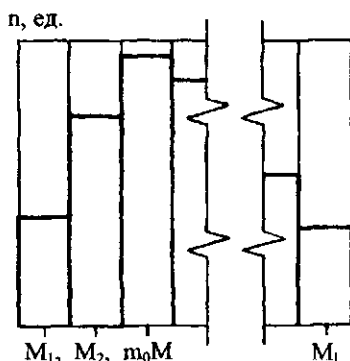


Рис. 5.8. Гистограмма распределения количества одношаговых технологических переходов со значениями параметра  $M_1, M_2, \dots, M_i$  ( $m_0M$  – модальное значение главного параметра)

Исходными данными для решения данной задачи являются результаты решения задачи синтеза оптимальной структуры агрегата, а также гистограмма спроса на агрегаты с различными значениями главного параметра, сведения о затратах на эксплуатацию агрегатов при различных значениях главного параметра, производительность агрегатов.

Агрегаты, входящие в параметрические ряды, служат для выполнения одного несложного перехода, поэтому для них возможно выделение одного главного параметра, с которым связаны существенные характеристики этих агрегатов.

Нахождение ряда агрегатов производят по следующей схеме [31].

Строят интегральную функцию спроса в координатах «главный параметр – потребность» (рис. 5.9).

Функция представляет собой сумму технологических переходов в год  $n_i$ , выполняемых агрегатами со значениями главного параметра, не превосходящими значение  $M_i$  ( $i = 1..l$ ,  $l$  – число дискретных значений главного параметра). Кумулята начинается в вершине  $O$  и заканчивается в вершине  $L$ . Отличие любых двух значений главного параметра друг от друга, отложенных на оси абсцисс, должно быть соразмерно с погрешностью экономических расчетов, сопутствующих проектированию механиз-

мов. Так, например, использование метода удельных показателей дает ошибку прогноза затрат до 50 %, балльный метод – до 20 %, метод корреляционного анализа – до 10 %, а методы, основанные на изучении парка деталей СТО, – до 5 %.

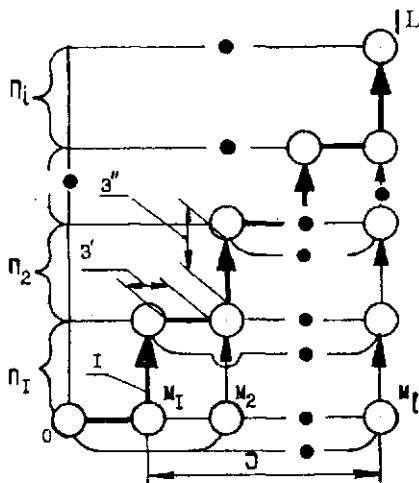


Рис. 5.9. Схема интегральных гистограмм спроса (I)

и предложения на ряды агрегатов с различными значениями главных параметров:

$n_1, n_2, \dots, n_i$  – потребность в агрегатах, выраженная годовым количеством технологических переходов, выполняемых этими агрегатами;

$M_1, M_2, \dots, M_t$  – значения главного параметра;  $J$  – отрезок значений главного параметра;  $z'$  – затраты на ввод в эксплуатацию агрегатов;  $z''$  – затраты на эксплуатацию агрегатов (технологическая себестоимость);  $O$  и  $L$  – начальная и конечная вершины кумуляты

Агрегат со значением главного параметра  $M_i$  может выполнять все работы агрегатов с предыдущими значениями главного параметра.

В выбранных координатах строят множество различных рядов агрегатов, удовлетворяющих функции спроса. Этому условию соответствуют кумуляты, начинающиеся в точке  $O$ , оканчивающиеся в точке  $L$  и расположенные внутри контура, ограниченного кумулятой спроса горизонталью и вертикалью, проходящими соответственно через точки  $O$  и  $L$ . Каждый из путей движения из точки  $O$  в точку  $L$  определяет одно сочетание параметров агрегатов, удовлетворяющее функции спроса. Число различных параметрических рядов, образованных из агрегатов с числом значений главного параметра  $l$ , равно  $2^l$ . Граф образуется из вершин, горизонтальных и вертикальных дуг. Горизонтальные дуги соответствуют вводу в действие

агрегатов с фиксированными значениями главного параметра, вертикальные – эксплуатации агрегатов.

Определяют затраты на ввод в действие агрегатов и их эксплуатацию. Затраты на ввод в действие  $Z'$  соответствуют длине горизонтальных дуг, их величины рассчитывают по формуле:

$$Z' = k_1 K, \quad (5.17)$$

где  $k_1$  – доля капиталовложений, относящихся к году эксплуатации агрегатов;  $K$  – капиталовложения в агрегаты.

При расчете величины  $K$  учитывают фактор серийности. Увеличение объема выпуска агрегатов с одним и тем же значением главного параметра приводит к уменьшению капиталовложений в отдельный агрегат.

Потребность во введенных агрегатах, выраженная количеством технологических переходов, определяют разностью между ординатой функции спроса и количеством переходов, выполняемых агрегатами с меньшими значениями главного параметра.

Величины  $Z''$  равны значениям технологической себестоимости функционирования агрегатов.

Таким образом, длина пути из вершины  $O$  в вершину  $L$  определяет затраты на ввод в действие и эксплуатацию ряда агрегатов, приведенные к одному году их эксплуатации.

Задача выбора ряда однотипных агрегатов СТО сводится к поиску кратчайшего между двумя заданными точками на координатной плоскости  $(M; \Sigma n)$ . Путь, соответствующий минимальному значению  $\Sigma Z'_i + \Sigma Z''_i$ , определяют решением рекуррентного уравнения:

$$Z_{j+1} = \min (\text{по всем вершинам графа}) [Z_{(j+1)-j} + Z_j], \quad (5.18)$$

где  $j$  – шаги решения;  $Z_{j+1}$  – затраты, соответствующие пути для  $j + 1$  шагов, считая от вершины  $L$ ;  $Z_j$  – затраты, соответствующие пути движения для  $j$  шагов, при условии, что этот путь выбран оптимальным образом;  $Z_{(j+1)-j}$  – затраты, соответствующие  $(j+1)$ -му шагу.

В вершины вписывают соответствующие значения  $Z_{j+1}$  и стрелками указывают направления движения из этих вершин на ближайшем шаге.

По соображениям полного использования агрегатов в параметрическом ряду, путь движения из каждой вершины графа, не принадлежащих диагонали  $OL$ , направлен вертикально в верхнюю вершину. Движение из вершины  $(M_{l-1}, \Sigma n)$  возможно лишь по горизонтали вправо. Таким образом, неизвестными являются направления движения из остальных вершин диа-

гонали  $OL$ , которых на одну меньше, чем значений главного параметра, используемых для построения дискретной кумуляты спроса.

После определения направления движения из первой вершины  $O$  становится известным общий оптимальный путь движения по сети вершин, который обеспечивает минимум приведенных затрат на ввод в действие и функционирование агрегатов ряда. Вершины перегибов найденного пути дают значения главного параметра агрегатов, составляющих ОПР. Полученные значения параметра должны быть согласованы с системой предпочтительных чисел.

Необходимость широкого рассмотрения всевозможных вариантов технических решений требует применения вычислительной техники. С целью сокращения трудоемкости расчетов при решении задач структурного и параметрического синтеза агрегатов и их рядов имеются программы для персональных ЭВМ как решение экстремальной задачи на сетях при нахождении кратчайшего расстояния между двумя заданными вершинами сети. Заданными вершинами являются вершина  $O$  и одна из вершин нижнего яруса (см. рис. 5.5) и вершины  $O$  и  $L$  (см. рис. 5.9).

#### **Пример определения ОПР силовых прессоборочных и разборочных агрегатов для ремонта автомобильного двигателя**

Прессовые исполнительные агрегаты для разборки и сборки соединений значимо не отличаются между собой. Морфологическая матрица их существенных признаков строится на основе классификации по виду энергии, используемой приводом. Рассматривают приводы: пневматические, гидравлические, электромагнитные и механические. Последние два типа приводов получили ограниченное распространение в маломощных установках, их эксплуатация сопряжена с большими затратами. Параметрический ряд исполнительных прессовых агрегатов целесообразно строить на базе одинарных пневматических и гидравлических цилиндров: одни участки ряда могут быть построены на пневматических, другие – на гидравлических приводах.

В составленной схеме (рис. 5.10) поиска ОПР исполнительных агрегатов в каждое пересечение координат плоскости ( $D_i; n$ ) помещены по две вершины, одна из которых (левая) определяет пневматический механизм, а другая (правая) – гидравлический.

Движение по горизонтальным дугам графа между четырьмя любыми его вершинами возможно четырьмя различными путями, т.е. независимо от того, какие агрегаты были введены раньше, в дальнейшем могут быть введены агрегаты любого из двух типов. Вертикальные дуги соединяют вершины, определяющие агрегаты одного типа. Это необходимо для полного использования агрегатов этого типа, если они уже введены в эксплуатацию.

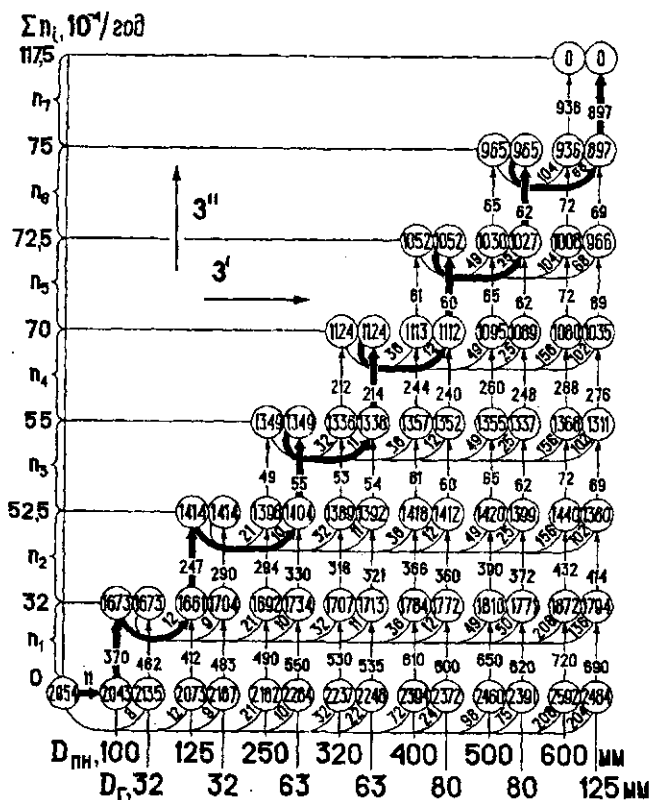


Рис. 5.10. Схема поиска оптимального типоразмерного ряда исполнительных механизмов для разборки прессовых соединений:

$D_{пн}$  и  $D_{г}$  – диаметры пневмо- и гидроцилиндров соответственно

Искомый ряд агрегатов пригоден также и для разборки (табл. 5.9) соединений, если значения расчетных усилий при сборке узлов увеличить в два раза.

Таблица 5.9

Распределение прессовых соединений двигателя ЗМЗ-53 по усилию выпрессовывания

Усилие, кН	1,70	1,71	2,35	7,40	10,0	12,8	16,6	20,3	34,8	39,8
Количество, ед.	8	5	8	1	5	1	1	1	1	16



В качестве главного параметра ряда принималось максимальное прессовое усилие, развиваемое механизмом. Функция спроса требует, чтобы параметрический ряд агрегатов состоял из десяти значений. Объединяя статистически неразличимые значения вариационного ряда (1,70 и 1,71, 10 и 12 кН), получаем семь значений этой функции. Расчеты показывают, что ряд пневмоприводов, удовлетворяющих функции спроса, состоит из механизмов с диаметром цилиндра от 100 до 630 мм, при потреблении сжатого воздуха под давлением 0,39 МПа. Функция спроса будет также удовлетворена использованием гидроцилиндров диаметрами от 32 до 125 мм при питании их маслом под давлением 7,85 МПа.

При расчете капитальных вложений учитывали затраты на изготовление цилиндров, приобретение регулирующей и распределительной аппаратуры, фильтров и отстойников (для пневмоприводов), насосов и двигателей (для гидродвигателей). Затраты на подачу сжатого воздуха учитывали в технологической себестоимости функционирования пневмоприводов.

Функция спроса в исполнительных прессоразборочных и прессосборочных механизмах для участков с объемом разборки или сборки 25 тыс. двигателей в год, а также затраты на изготовление и эксплуатацию этих механизмов приведены в таблице 5.10.

Таблица 5.10

Годовая потребность в количестве распрессовок (запрессовок)  $n_i$  соединений с усилием  $P_i$  и характеристика исполнительных агрегатов для этой цели

$P_i$ , кН	$n_i$ , $10^3$	Годовая производительность исполнительного агрегата, переходов в год		Стоимость исполнительного агрегата, приведенная к одному году эксплуатации, БВ		Эксплуатационные расходы на выполнение агрегатом 1 тыс. переходов, БВ	
		пневматического	гидравлического	пневматического	гидравлического	пневматического	гидравлического
1,71	325	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^6$	11	8	1,14	1,42
2,35	200	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^6$	12	9	1,27	1,49
7,40	25	$1 \cdot 10^6$	$7 \cdot 10^5$	21	10	1,51	1,69
12,80	150	$8 \cdot 10^5$	$5 \cdot 10^5$	32	11	1,63	1,75
16,60	25	$5 \cdot 10^5$	$4 \cdot 10^5$	36	12	1,88	1,85
20,30	25	$4 \cdot 10^5$	$3 \cdot 10^5$	49	25	2,00	1,91
39,80	425	$3 \cdot 10^5$	$2 \cdot 10^5$	52	34	2,22	2,12

Из семи значений главного параметра и двух видов исполнительного агрегата могут быть образованы  $4^7 = 16384$  различных параметрических ряда. Отрезок параметрического ряда ограничен значениями 1,71 и 39,80 кН.

Оптимизационная процедура показывает, что ОПР исполнительных агрегатов состоит из всех дискретных значений главного параметра. Функция спроса

удовлетворяется на отрезке ряда 1,71...2,35 кН пневматическими механизмами, а на оставшемся отрезке 7,40...39,80 кН – гидравлическими. Количество агрегатов, используемых в сборочных или разборочных машинах, следующее: агрегатов с усилием  $P_1$  и  $P_2$  – по одному, остальных – по два.

Полученное сочетание параметров в ОПР объясняется соотношением эксплуатационных затрат на действия пневмо- и гидромеханизмов. При малых значениях главного параметра, например, 2,35 кН, эксплуатационные затраты на гидравлические устройства в 1,7 раза больше, при значении главного параметра 12,8 кН они примерно равны, а при дальнейшем увеличении усилия запрессовывания затраты на эксплуатацию пневмоприводов превышают соответствующие затраты для гидроприводов.

### 5.3.4. Система исполнительных агрегатов технологических машин

Система исполнительных агрегатов и их типоразмерных рядов, из которых образуются технологические машины, может быть оптимальной для конкретных условия производства (видов и объемов ремонтируемых изделий). Результаты разработки базовых исполнительных агрегатов и типоразмерных рядов из них, из которых могут быть образованы средства ремонта двигателей при объемах ремонта 10 тыс. в год представлены в таблице 5.11. Рассмотрены устройства, выполняющие функции 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 до 90 % множества технологических переходов.

Таблица 5.11

Структуры и оптимальные типоразмерные ряды исполнительных агрегатов технологических машин завода по ремонту агрегатов

Исполнительный агрегат		Основной параметр			ОПР при $N = 10$ тыс. агрегатов в год
Технологическая функция	Структура	Наименование	Размерность	Область определения	
1	2	3	4	5	6
Перемещение внутриоперационное	–	Масса предмета труда	кг	0,005...300	–
Базирование	Плита – пластики – штифты	Длина диагонали в плоскости базирования	мм	20...630	160 – 250 – 400 – 630

1	2	3	4	5	6
Закрепление	Пневмо- или гидроцилиндр	Диаметр цилиндра	мм	32...80 100...250	32 - 63 - 80 - 100 - 160 - 250
Создание очистного эффекта	Погружная ванна	Объем ванны	м <sup>3</sup>	0,05...50	0,1 - 0,4 - 1 - 2,5 - 6,3 - 50
Регенерация очищающей среды	Сетчатый фильтр - перегородка - устройство очистки - отстойник - насос	Производительность регенерации	м <sup>3</sup> /ч	1,5...10	1,6 - 2,5 - 4 - 6,3 - 10
Нагреватель очищающей среды	Нагреватель электрический или паровой	Мощность нагревателя	кВт	2,5...16	2,5 - 4 - 6,3 - 10 - 16
Механическая активация очищающей среды	Ротор - привод - электродвигатель	Мощность активатора	кВт	0,7...3,5	1 - 2,5 - 4
Подача деталей на позиции сортировки, сборки и испытания	Вибробункер	Диаметр чаши	мм	160...630	160 - 250 - 400 - 630
Ориентирование деталей	Пневмовихревая ячейка	Рабочий диаметр	мм	5...16	6 - 8 - 10 - 16
Измерение параметров расположения	Корпус - оправки - индикаторы	Наибольший измеряемый размер	мм	50...630	160 - 250 - 400 - 630
Определение жесткости пружин	Корпус - груз - узел сравнения	Максимальная сила сжатия	Н	0,3...700	1 - 10 - 100 - 1000
Определение течей	Механизм установки и поворота изделия - устройство заполнения пробным веществом - устройство индикации	Объем полости	м <sup>3</sup>	0,001...0,01	0,001 - 0,01
Создание вращательного движения детали	Корпус - двигатель - редуктор - опорно-установочные элементы	Наибольшая масса перемещаемой детали	кг	4...250	10 - 63 - 100 - 250
Создание поступательного движения детали	Корпус - направляющие - двигатель - опорно-установочные элементы	Наибольшая сила перемещения, развиваемая агрегатом	Н	50...5000	100 - 630 - 2500 - 5000

1	2	3	4	5	6
Нанесение гальванического покрытия	Ванна гальваническая	Объем ванны	м <sup>3</sup>	0,6...1,5	0,63 – 1 – 1,6
Приложение деформирующего усилия	Корпус – силовой механизм	Сила	кН	10...100	25 – 40 – 63 – 100
Определение величины и направления статического дисбаланса	Корпус – ролики	Наибольшая масса балансируемой детали	кг	3...20	63 – 10 – 25
Испытание	Опорно-установочные элементы привода – измерительные средства	Мощность	кВт	1,1·10 <sup>-6</sup> ...60	1,1·10 <sup>-6</sup> – 1·10 <sup>-3</sup> – 1,6·10 <sup>-2</sup> – 1 – 1,6 – 60
Перемещение межоперационное	Транспортирующее средство	Наибольшая масса перемещаемого объекта	кг	0,05...350	–

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.

Для каждого базового агрегата составлялась морфологическая матрица составляющих устройств и определялась его оптимальная структура.

Примеры разработки базовых агрегатов, в том числе патентоохраняемые, опубликованы ранее, среди них гайковерты для точной сборки резьбовых соединений, станды для теплопрессовой сборки шатунно-поршневых групп, многошпиндельная головка для сверления отверстий в накладках ведомого диска сцепления и др. Базовые конструкции исполнительных агрегатов с небольшими дополнениями превращаются в модульные.

Описание технологических функций разработанных средств модульного строения дает модульную технологию, которая будет присутствовать в описании технологического процесса каждый раз, когда рассматриваемое средство будет находиться в составе технологической машины.

Множество устройств блочно-модульного строения, входящих в ремонтно-технологическое оборудование, применено при технологической подготовке производства на Полоцком заводе «Проммашремонт». Рассмотрим некоторые из них.

Типоразмерные ряды пневматических и гидравлических приводов с фильтрующей и распределительной аппаратурой применяют для закрепления и перемещения деталей и узлов при разборке, обработке, сборке и испытаниях.

Погружные ванны, скоростной самоочищающийся фильтр раствора и роторные активаторы очистной среды входят в состав оборудования для погружной очистки деталей и сборочных единиц.

Для разборки резьбовых соединений разработана базовая конструкция многошпindelного гайковерта с общим приводом. Эта конструкция может быть применена для одновременного отвинчивания групп резьбовых соединений (головки цилиндров, масляного картера, крышки распределительных шестерен и др.).

Если средства для линейных и угловых измерений применяют промышленного изготовления и они подлежат государственной поверке аттестованными лабораториями, то средства для измерения параметров расположения создают на заводе. Государственной поверке в последнем случае подлежат только индикаторы.

Биения шеек и торцов валов относительно их оси вращения измеряют индикаторными оправками, а несоосность отверстий и биения торцов относительно их оси – индикаторными скалками. Составлены типоразмерные ряды этих устройств, учитывающие наибольший размер изделия, участвующий в измерении.

Жесткость пружин клапанов и сцеплений определяют на настольном стенде, конструкцию которого используют в качестве базовой для определения состояния других пружин.

Для определения течей в стенках корпусных деталей (блоках и головках цилиндров, впускных труб и газопроводов) многократно применяют базовую конструкцию, использующую в качестве пробного вещества сжатый воздух, пузырьки которого служат индикатором при погружении изделия в воду.

Тела вращения статически балансируют в оправках, установленных на вращающихся дисках. Типоразмерный ряд устройств построен, исходя из массы балансируемой детали.

Точные резьбовые соединения собирают и затягивают с помощью электромеханического гайковерта, в котором предельное устройство при достижении заданного момента затяжки отключает подачу напряжения на двигатель и размыкает кинематическую цепь между ведущим валом и шпинделем. Базовая конструкция гайковерта создана для сборки резьбовых соединений шатуна с моментом затяжки 140 Нм.

Для нанесения газотермических покрытий имеется несколько однотипных установок для создания ремонтных заготовок различных валов. Установки блочно-модульного строения для наплавки и электроконтактной приварки металлического слоя созданы в ВНИИТУВИД «Ремдеталь».

Увеличение производственной мощности предприятия приводит к увеличению числа значений параметра в ОНР, однако в ОНР всегда присутствует наибольшее значение параметра этого ряда.

Последующее компонование технологических машин происходит путем извлечения необходимых агрегатов (модулей) из их типоразмерных рядов и графического расположения этих агрегатов (модулей) в установленной последовательности на станине машины.

### **5.3.5. Компонование технологических машин**

*Компонование* технологической машины – это стадия проектирования, при которой путем синтеза и сопутствующей оптимизации, образуют технологическую машину из основных и вспомогательных исполнительных агрегатов, соединительных и направляющих элементов. При компоновании технологической машины можно получить много ее вариантов, однако не все они равноценны. Ограничением проектного процесса выступает последовательность воздействий исполнительных агрегатов на ремонтируемый объект.

*Компоновка* технологической машины – это графический результат ее компонования.

Литература по проектированию машин в своем большинстве содержит информацию по образованию компоновок металлорежущих станков. Классификация технологических компоновок станков на основе типизации технологических процессов приведена в работе Ф.С. Демьянюка [25].

Единую классификацию компоновок на основе систематического деления на классы, подклассы и группы ввел Ю.Д. Врагов, а также координатные и конструктивные коды, раскрыл систему развития структур, предсказал появление новых компоновок и исследовал влияние компоновки на жесткость станка [19]. Кодирование и синтез компоновок металлорежущих автоматов рассмотрены и в других работах [57; 90].

Технологические машины ремонтного производства значительно отличаются от металлорежущих станков по видам, производительности и числу выполняемых функций, поэтому требуют отдельного подхода к их проектированию.

Компонование машин из агрегатов производится по критерию их производительности. Исполнительные агрегаты (модули), выбранные из ОПР, соединяясь при компоновочном синтезе тем или иным образом, определяют при заданных технологических режимах затраты времени на рабочие  $t_p$  и вспомогательные  $t_s$  переходы, а также время внецикловых потерь  $t_n$ , тем самым определяют производительность машины. Выбирают вариант технологической машины, выполняющей операцию из  $S$  технологических переходов с учетом их последовательности и предшествования по критерию наименьшего времени  $\sum_{s=1}^S (t_p + t_s + t_n)$ . Подобные задачи, например в теории расписаний, относят к классу задач упорядочения взаимосвязанных работ во времени [6; 87].

Постановка задачи компоновочного синтеза следующая [1] – определить компоновку технологической машины, обеспечивающую технологическую функцию при минимальной длительности технологического цикла.

Поставленную задачу решают путем образования и сравнения между собой всевозможных сочетаний исполнительных агрегатов машины.

При компоновочном синтезе технологической машины обозначают ее части с использованием координатно-блочной системы кодирования, которая учитывает:

- взаимное расположение координатных осей;
- последовательность присоединения блоков к станине и друг к другу;
- виды и направления перемещений блоков друг относительно друга в направлении координатных осей.

При компоновочном синтезе производят формализацию задачи путем кодирования. Кодирование бывает координатным, блочным, элементным или конструктивным. Для целей проектирования средств ремонта наиболее подходит координатно-блочная система кодирования, которая учитывает число и вид блоков, взаимное расположение их осей и направление перемещений блоков относительно координатных осей. Код исполнительного агрегата в компоновке технологической машины определяет вид движения блока относительно станины или сопряженного агрегата и направление этого движения относительно системы координат.

В принятой прямоугольной системе координат  $XYZ$  ось  $Z$  всегда вертикальна, ось  $X$  направлена относительно исполнителя справа налево, а ось  $Y$  направлена от машины к исполнителю. В отличие от принятых систем кодирования, рассматриваемая система координат ориентирована относительно горизонтальной плоскости и рабочего. Код исполнительного агрегата в компоновке технологической машины определяет вид его движения относительно станины или сопряженного агрегата.

Станина является связующим элементом для всех блоков машины, она обозначается буквой  $C$ .

Подвижные агрегаты нумеруют и обозначают теми же буквами, что и координатные оси, в направлении которых или вокруг которых происходят перемещения. Таким образом,  $X, Y, Z$  – блоки, перемещающиеся поступательно относительно осей  $OX, OY$  и  $OZ$  соответственно;  $x, y, z$  – блоки, вращающиеся относительно этих осей соответственно.

Блок, неподвижный относительно станины, обозначается буквой  $H$ .

Составляют в кодированном виде одну из возможных компоновок машины в следующем порядке. Записывают код станины  $C$ , к которому добавляют нумерованные коды агрегатов, непосредственно взаимодействующие со станиной, с учетом видов, направлений и последовательности их перемещений. К кодам этих агрегатов последовательно добавляют коды устанавливаемых агрегатов. Последними будут коды тех агрегатов, которые взаимодействуют с ремонтируемым (восстанавливаемым) объектом и осуществляют технологическое воздействие. Совокупность агрегатов должна быть достаточной для выполнения основных и вспомогательных переходов, составляющих технологическую операцию.

Возможные компоновки машин из выбранного множества исполнительных агрегатов могут быть получены путем последовательной замены каждого движения агрегата на пять остальных и перестановкой блоков (если это возможно). При этом используются логические действия отрицания, конъюнкции, дизъюнкции и закон де Моргана. Число рассматриваемых вариантов существенно сокращается до приемлемого числа путем нестрогого логического анализа работоспособности машины и исключения компоновок, которые невозможно реализовать.

Для оставшихся компоновок рассчитывают циклограммы технологических циклов. Компоновка с самым коротким циклом признается оптимальной.

Компоновки машин, в которых ось ремонтируемого объекта расположена горизонтально, наиболее распространены и жизнеспособны, одна-



ко компоновки машин с вертикальной осью ремонтируемого объекта позволяет уменьшить площадь, занятую оборудованием и более полно использовать высоту (объем) здания.

**Пример компонования технологической машины – станда для закалки шеек коленчатого вала.**

Станд содержит станину, на которой установлены исполнительные агрегаты и высокочастотный индуктор (инструмент). Заготовка при термической обработке вращается для исключения термических деформаций, а закалку ведут по одной шейке. Вспомогательные переходы исполнительных агрегатов следующие: базирование заготовки с совмещением оси обрабатываемой шейки с осью приводного центра; закрепление заготовки с помощью пинноли; перемещение заготовки вдоль оси индуктора для совмещения шейки заготовки с рабочим пространством индуктора; ввод (вывод) шейки заготовки в (из) индуктор(а) в направлении, перпендикулярном предыдущему перемещению.

Схема станда представлена на рисунке 5.11.

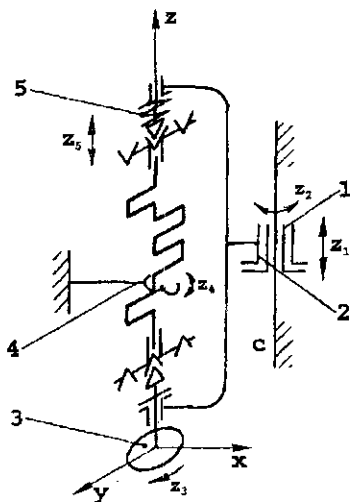


Рис. 5.11. Схема станда для закалки шеек коленчатого вала:

С – станина; 1 – механизм осевого перемещения детали;

2 – механизм введения шейки вала в индуктор;

3 – механизм вращения детали; 4 – индуктор; 5 – пинноль

Блок  $Z_1$  обеспечивает перемещение других блоков с деталью относительно станины вдоль оси индуктора. Блок  $Z_2$  обеспечивает введение обрабатываемой

шейки в рабочее пространство индуктора. На блоке  $z_2$  неподвижно установлены корпусы механизмов вращения заготовки и ее закрепления. Механизм вращения снабжен приводным центром  $z_3$ , а механизм закрепления – подпружиненным центром  $Z_5$ . Неподвижная часть индуктора закреплена на станине, а его подвижная часть  $z_4$  соединена с неподвижной частью.

Таким образом, все поступательные и вращательные перемещения происходят относительно вертикальной оси  $OZ$ . Структура стэнда может быть изображена в виде, представленном на рисунке 5.12.

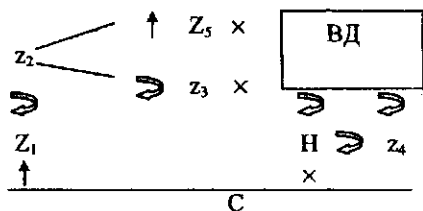


Рис. 5.12. Структурная схема стэнда для закалки шеек коленчатого вала:  
 $\uparrow, \Rightarrow, \times$  – соответственно, символы поступательного и вращательного перемещений и неподвижного закрепления блока; Н – неподвижный блок;  
 ВД – восстанавливаемая деталь; С – станина

В координатно-блочном виде структурное выражение стэнда упрощается

$$z_4 C Z_1 z_2(z_3 \text{ и } Z_5). \quad (5.19)$$

Рассмотрим возможные варианты компоновок, обусловленные их ограничениями.

При вертикальном расположении оси детали ( $z_3$  и  $Z_5$ ) возможна замена движения блока  $z_2$  на два равноценных его движения  $X_2$  или  $Y_2$  с поступательным перемещением детали в индуктор. Соответствующие компоновки следующие:

$$z_4 C Z_1 X_2(z_3 \text{ и } Z_5), \quad (5.20)$$

$$z_4 C Z_1 Y_2(z_3 \text{ и } Z_5). \quad (5.21)$$

Компоновка с горизонтальной осью детали получается использованием поступательных перемещений блоков  $X_1$  или  $Y_1$  вместо  $Z_1$ :

$$x_4 C X_1 x_2(x_3 \text{ и } X_5), \quad (5.22)$$

$$y_4 C Y_1 X_2(y_3 \text{ и } Y_5). \quad (5.23)$$

Таким образом, возможны отличные друг от друга пять компоновок машины. Машинное время закалки шеек при всех вариантах компоновки определяется только их размерами и свойствами материала заготовки, а также мощно-

стью высокочастотного генератора, оно не зависит от конструкции станда. Вспомогательное время на установку и технологическое перемещение заготовки (расчет не приводится) для пяти вариантов компоновок в порядке их рассмотрения имеет значения (с): 190, 190, 215, 220 и 220. Варианты компоновок (5.19) и (5.20) обеспечивают одинаковые и наименьшие значения вспомогательного времени, но более простой из них вариант (5.19) признается лучшим.

#### **5.4. ПОРЯДОК ВЫБОРА, ЗАКАЗА И ПРИОБРЕТЕНИЯ СПЕЦИАЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ**

Технологическое оборудование выбирают с учетом вида технологической функции, размеров обрабатываемых, собираемых, окрашиваемых и испытываемых изделий, точности, производительности и мощности обработки. Сведения о технологических функциях выбирают из технологических карт, о характеристике ремонтируемых или изготавливаемых объектов – из их чертежей, а об оборудовании – из справочников, каталогов или паспортов. Например, металлорежущий станок выбирают в зависимости от вида и шероховатости обрабатываемых поверхностей, размеров вращающихся заготовок (диаметра и длины), размеров неподвижных заготовок, устанавливаемых на столе станка, или размеров приспособлений с заготовками, точности и производительности обработки, мощности двигателя. Допуски линейных размеров обрабатываемых элементов заготовки согласуют с ценой деления лимба станка. Разряд последней значащей цифры допуска на размер должен быть не меньше цены деления лимба.

Отношения между заказчиком (ремонтным предприятием) и изготовителем специального оборудования (станкостроительным заводом) регулируются заявками и протоколами согласования заявок, техническими заданиями и договорами.

Заказчик составляет заявку на проектирование и изготовление специального оборудования. Заявка включает описание заготовки и детали и необходимую функцию этого оборудования, требования к уровню автоматизации и технологическим особенностям, устанавливает вид тока и значение напряжения, определяет срок исполнения.

Обсуждение заявки завершается составлением протокола, в котором уточняются конструктивные и точностные параметры, условия работы оборудования и технологические особенности. В результате подписания протокола станкостроительный завод принимает заказ на изготовление специального станка и разрабатывает техническое задание на его разработку и изготовление. В техническом задании указывают назначение и

производительность оборудования, данные о заготовке и детали, содержание переходов, требования к базированию и точности обрабатываемых элементов, способ и порядок обработки.

После согласования технического задания составляется договор, в котором определяется его предмет, показатели качества оборудования, комплектность, условия и сроки испытания и поставки, цена, условия оплаты, гарантийные обязательства, форс-мажорные обстоятельства и арбитраж. Указывается состояние и количество заготовок, которые будут обработаны при настройке и испытаниях оборудования. Заготовки подготавливает заказчик.

После изготовления оборудования создают комиссию под председательством представителя заказчика для проведения сдаточно-приемочных испытаний и определяют их сроки.

Проводят испытания станка, по результатам которых составляют акт, который содержит такие сведения:

- соответствие комплектности станка техническому заданию;
- результаты проверки показателей точности: прямолинейности перемещений, параллельности поверхности стола направлению перемещений, относительного расположения осей шпинделей и их осевых и торковых биений;
- результаты проверки станка на холостом ходу: плавность хода, правильность вращения валов, срабатывание кнопки «Стоп», проверку гидравлических систем и наличие течей, действие органов управления, мертвые ходы, скорости перемещений, температуру наружных поверхностей, сопротивление и электрическую прочность изоляции, вибрации. Длительность испытаний на холостом ходу не менее 4 часов:
- результаты испытания станка под нагрузкой путем измерения размеров, формы и расположения поверхностей детали, указанных в техническом задании на изготовление оборудования;
- оценку качества изготовления частей оборудования и его внешней отделки. При необходимости станок частично разбирают;
- требования безопасности;
- комплектность;
- выводы и предложения.

При положительном исходе испытаний подписывается и утверждается акт, который является основанием для оплаты и отгрузки станка.

Заказчику со станком направляют сертификат о происхождении, сертификат соответствия. Если станкостроительный завод находится за рубежом, то изготовитель оформляет таможенные документы и оплачивает провоз станка до границы своего государства.

## Глава 6

# ОРГАНИЗАЦИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ СРЕДСТВ РЕМОНТА В ВСПОМОГАТЕЛЬНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

В предыдущих главах рассмотрена разработка средств и процессов, которые обеспечивают нормативное конечное состояние предмета ремонта (состояние товарной продукции) с минимальными материальными, энергетическими и трудовыми затратами. Принятая организация внедрения в производство технических решений существенно влияет на их быстрейшее использование и получение от них наибольшей прибыли.

Изготовление средств ремонта (оборудования и оснастки), необходимых в основном производстве, но приобретение которых невозможно или нецелесообразно, представляет собой одну из функций вспомогательного производства. Эту функцию, как правило, закрепляют за инструментальным участком. Состав, мощность и организация этого участка определяют длительность технологической подготовки основного производства и способность последнего обеспечить установленные показатели качества отремонтированных изделий.

### 6.1. СТОИМОСТЬ И ТРУДОЕМКОСТЬ ИЗГОТОВЛЕНИЯ СРЕДСТВ РЕМОНТА

Изготовление СТО включают механические, слесарно-сборочные и сварочные работы. Трудоемкость и стоимость работ в технологической подготовке ремонта образуют между собой тесную корреляционную (почти функциональную) связь.

Определены зависимости затрат на создание средств ремонта, отнесенные к одной технологической операции, при подготовке технологических операций, таких как:

- очистные:

$$Z_1 = a_1 q^{0,762} B^{0,574} F^{0,207}, \quad (6.1)$$

- разборочные

$$Z_2 = a_2 m^{0,496} n_n^{0,493} n_c^{0,301}, \quad (6.2)$$

- измерение расположения поверхностей

$$Z_3 = a_3 L^{0,501} \Delta_x^{-0,873} m^{0,169}, \quad (6.3)$$

- определение герметичности внутренних полостей

$$Z_4 = a_4 W^{0,734}, \quad (6.4)$$

- резьбосборочные

$$Z_5 = a_5 M_K^{0,656} \cdot \gamma^{0,169} \cdot n_{ш}^{-0,462} \cdot \omega^{-0,539}, \quad (6.5)$$

- пресссборочные

$$Z_6 = a_6 P^{0,114} \cdot V^{-0,707} \cdot n_{oc}^{-0,150}, \quad (6.6)$$

- токарные

$$Z_7 = a_7 d^{0,288} \cdot l^{0,692} \cdot A^{-0,662} \cdot HB^{0,413} \cdot m^{0,239}, \quad (6.7)$$

- расточные

$$Z_8 = a_8 d^{0,169} \cdot l^{0,404} \cdot A^{-0,507} \cdot HB^{0,372} \cdot m^{0,127}, \quad (6.8)$$

- сверлильные

$$Z_9 = a_9 d^{0,290} \cdot l^{0,181} \cdot HB^{0,517} \cdot n_o^{0,339} \cdot n_{ш}^{-0,820} \cdot m^{0,217}, \quad (6.9)$$

- абразивная обработка

$$Z_{10} = a_{10} l^{0,204} \cdot n_n^{0,319} \cdot A^{-0,408} \cdot m^{0,131}, \quad (6.10)$$

- фрезерование

$$Z_{11} = a_{11} l^{0,465} \cdot n_n^{0,206} \cdot A^{-0,183} \cdot m^{0,116}, \quad (6.11)$$

- подача деталей

$$Z_{12} = a_{12} m^{0,424} \cdot K_n^{-0,453} \cdot \tau^{0,256}, \quad (6.12)$$

- ориентирование деталей

$$Z_{13} = a_{13} d^{0,687} \cdot \Delta_y^{0,351}, \quad (6.13)$$

где  $a_1, \dots, a_{13}$  – коэффициенты пропорциональности;  $q$  – производительность очистки,  $\text{дм}^2/\text{ч}$ ;  $B$  – остаточная загрязненность, балл;  $F$  – площадь оборудования в плане,  $\text{м}^2$ ;  $m$  – масса предмета труда, кг;  $n_n$  – количество позиций;  $n_c$  – количество соединений;  $L$  – наибольший размер, участвующий в измерении, мм;  $\Delta_x$  – допуск контролируемого параметра, мкм;  $W$  – объем полости,  $\text{дм}^3$ ;  $M_K$  – момент затяжки, Нм;  $\gamma$  – коэффициент неравномерности затяжки;  $n_{ш}$  – количество шпинделей;  $\omega$  – частота вращения шпинделей,  $\text{с}^{-1}$ ;  $P$  – усилие привода, кН;  $V$  – скорость запрессовывания,  $\text{мм/с}$ ;  $n_{oc}$  – количество одновременно собираемых соединений;  $d$  и  $l$  – диаметр и длина обработки, мм;  $A$  – коэффициент точности;  $HB$  – твердость материала;  $n_o$  и  $n_{ш}$  – количество отверстий в заготовке и число шпинделей в сверлильной головке соответственно;  $n_n$  – число позиций;  $K_n$  – коэффициент неравномерности подачи деталей;  $\tau$  – такт подачи деталей, с;  $\Delta_y$  – точность предварительной установки детали.

Наибольшее влияние на затраты, связанные с созданием средств ремонта оказывают масса, геометрические размеры, точность и количество восстанавливаемых элементов деталей и ремонтируемых сборочных единиц и их элементов, материал исходных заготовок и значения свойств восстанавливаемых поверхностей.

Многолетнее изучение множества деталей, из которых состоит средства ремонта, показало, что наибольшее число этих деталей относится к трем подклассам классификатора ЕСКД\*: 713000 (24,8 %), 715000 (18,7 %) и 741000 (36,6 %). Остальные 19,9 % деталей распределены в десяти других подклассах.

Большое количество деталей подкласса 741000 в создаваемых технологических машинах и приспособлениях объясняется спецификой изготовления СТО на ремонтных предприятиях. Здесь ограничены литейные мощности, поэтому корпусные и коробчатые детали изготавливают не из отливок, а из листовых заготовок с последующей сваркой.

Распределения количества деталей средств ремонта по массе тяготеют к нормальному логарифмическому закону, что особенно характерно для деталей подклассов 715000 и 741000. Массы деталей изменяются в пределах 0,0001...75 кг, при этом модальные значения распределений находятся в интервале масс 0,1...0,5 кг.

Степенные зависимости трудоемкости  $T$  слесарно-сборочных работ, связанных с изготовления деталей трех подклассов в функции их массы  $m$ , выражаются формулами (рис. 6.1) [32]:

- подкласс 713000

$$T_{713} = 16,26 m^{0,422}, \text{ мин}; \quad (6.14)$$

- подкласс 715000

$$T_{715} = 12,43 m^{0,396}, \text{ мин}; \quad (6.15)$$

- подкласс 741000

$$T_{741} = 21,33 m^{0,497}, \text{ мин}. \quad (6.16)$$

---

\*Подкласс 713000 включает детали – тела вращения с наружной цилиндрической поверхностью; подкласс 715000 – тела вращения с наружной конической, криволинейной или комбинированной поверхностями [51]; подкласс 741000 – плоскостные детали с параллельными основными поверхностями [52].

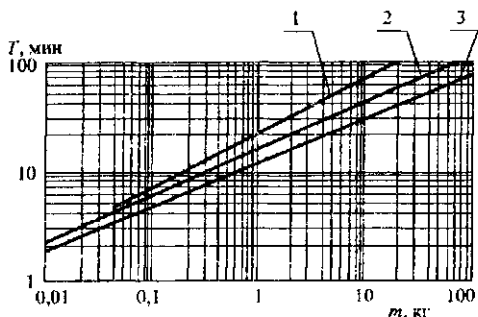


Рис. 6.1. Зависимость трудоемкости  $T$  изготовления деталей средств технологического оснащения от массы деталей  $m$ :  
1 – подкласс 741000; 2 – подкласс 713000; 3 – подкласс 715000

Трудоемкость изготовления средства ремонта  $T_{об}$  определяют сложением трудоемкости изготовления деталей, сборки технологической машины и ее испытания:

$$T_{об} = \frac{k_{сб} k_{исп}}{60} \left( k_{сб} k_{исп} \left( \sum_1^{n_1} T_{713} + \sum_1^{n_2} T_{715} + \sum_1^{n_3} T_{741} + \sum_1^{n_{ост}} T_{ост} \right) \right), \text{ ч}, \quad (6.17)$$

где  $k_{сб}$  и  $k_{исп}$  – коэффициенты, учитывающие трудоемкость сборки и испытания технологической машины;  $n_1$ ,  $n_2$ ,  $n_3$  и  $n_{ост}$  – соответственно количество деталей классов 713000, 715000, 741000 и остальных.

Без потери точности расчетов можно полагать, что суммарная трудоемкость изготовления деталей остальных подклассов составляет 20 % от трудоемкости изготовления деталей подклассов 713000, 715000 и 741000.

Погрешность расчетов трудоемкости изготовления СТО составляет 22, 15, 6 и 3 % при числе составляющих деталей соответственно 10, 25, 50 и 100 единиц. Такая погрешность расчета удовлетворяет оценке разработок до технического проекта, а при оценке механизмов с количеством деталей более 50 – до рабочего проекта.

## 6.2. ТРУДОЕМКОСТЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ УЧАСТКОВ (РАБОЧИХ МЕСТ) РЕМОНТНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Длительность цикла технологической подготовки ремонтного производства – один из важнейших показателей его эффективности. Эта длительность зависит главным образом от сроков и качества проектирования СТО, а также сроков их изготовления и внедрения.



Расчет трудоемкости технологической подготовки показан на примере основных участков (рабочих мест): разборочно-очистных, определения повреждений, восстановления деталей, сборочных и испытательных. Для этого составляли маршрутный технологический процесс с литерой «П» и технологическую планировку участка или рабочего места (план расположения оборудования с точками коммуникационных подводов). На основании этих технологических документов составляли план подготовки производства. Учитывали работы по изготовлению средств, их монтажу, испытанию и доработке. Аргументами функций были основные параметры предмета труда и объемы производства. Суммарную трудоемкость  $T_{yc}$  изготовления и введения в эксплуатацию СТО определяли по формуле

$$T_{yc} = k_u k_o T_{об}, \text{ чел.-ч}, \quad (6.18)$$

где  $k_u$  и  $k_o$  – коэффициенты, учитывающие работы по монтажу и доработке средств.

Определены регрессионные зависимости влияния факторов, характеризующих предмет труда, на трудоемкость  $T$  (тыс. чел.-ч) создания участков (рабочих мест), таких как:

- разборочно-очистные

$$T = 2,329 \cdot 10^{-5} n_{pz}^{0,494} n_{np}^{0,692} N^{1,281}; \quad (6.19)$$

- определение повреждений

$$T = 0,0290 \cdot n_{zm}^{0,284} A^{-0,514} m^{0,740} N^{0,319}; \quad (6.20)$$

- восстановления деталей

$$T = 0,0630 \cdot S_n^{0,809} A^{-0,714} n_{np}^{0,195} n_a^{0,254} m^{0,714} N^{0,417}; \quad (6.21)$$

- сборочный

$$T = 9,349 \cdot 10^{-5} n_{pz}^{0,727} n_{np}^{1,160} N^{0,878}; \quad (6.22)$$

- испытательный

$$T = 2,842 \cdot 10^{-4} m^{1,545} N^{0,263}, \quad (6.23)$$

где  $n_{pz}$  и  $n_{np}$  – количество соответственно разбираемых и собираемых резьбовых и прессовых соединений;  $N$  – годовой объем выпуска продукции, тыс. ед;

$n_{\text{кп}}$  – число контролируемых параметров;  $S_n$  – площадь восстанавливаемых элементов,  $\text{см}^2$ ;  $n_{\text{пр}}$  – количество параметров расположения;  $n_s$  – количество видов восстанавливаемых элементов.

Увеличение фактора с положительным показателем степени приводит к увеличению трудоемкости технологической подготовки, а увеличение фактора с отрицательным показателем степени вызывает обратное действие. Численные значения показателей степеней при величине каждого фактора дают количественную оценку влияния соответствующего фактора на величину функции цели.

Одинаково влияют факторы на величину трудоемкости в уравнениях (6.19) и (6.22) для разборочно-очистных и сборочных участков. Трудоемкость технологической подготовки растет с увеличением всех влияющих факторов: объемов ремонта, числа резьбовых и прессовых соединений. Трудоемкость технологической подготовки этих участков наибольшим образом зависит от объемов ремонта  $N$ . Эта зависимость имеет почти линейный характер, что объясняется необходимостью тиражирования СТО пропорционально увеличению объемов ремонта. Фактор  $n_{\text{пр}}$  оказывает в 1,40 и 1,58 раза большее влияние на величину  $T$ , чем фактор  $n_{\text{кп}}$  в разборочно-очистных и сборочных процессах соответственно. Это объясняется необходимостью изготовления более сложных и материалоемких технологических машин для разборки и сборки прессовых соединений с большим числом ступеней преобразования энергии, а следовательно и с более низким КПД, чем для разборки или сборки резьбовых соединений. Доля работ, приходящихся на подготовку очистных процессов, составляет до 30 % всей трудоемкости подготовки разборочно-очистных участков.

Анализ уравнений трудоемкости создания участков (рабочих мест) определения повреждений и сортировки деталей дал такие результаты. Влияющие факторы, в зависимости от их вклада в значение функции цели, можно расположить в ранжировочный ряд: масса предмета труда, точность измерений, объемы ремонта и число контролируемых параметров. Увеличение точности проверяемого параметра (уменьшение значения коэффициента точности  $A$ ), а также увеличение значений других факторов приводит к увеличению трудоемкости технологической подготовки. Если вклад в изменчивость переменной от числа контролируемых параметров принять за единицу, то вклад в эту изменчивость объема ремонта будет в 1,12 раза больше коэффициента точности – в 1,81 раза, массы предмета ремонта – в 2,60 раза. Увеличение массы предмета ремонта требует увеличения габ-

ритных размеров и массы СТО, повышение точности измерений – оснащения технологической машины более точными измерительными средствами, а увеличение количества контролируемых параметров – использованием большего количества средств измерений и необходимостью применения устройств для подачи изделий.

Подготовка участков восстановления деталей включает создание СТО для нанесения покрытий и обработки заготовок, поэтому зависит от размеров покрытий, свойств их материала, объемов ремонта и точности обработки. Наибольшее влияние на трудоемкость технологической подготовки оказывают площадь наносимых покрытий  $S_n$ , точность обработки  $A$  и масса предмета ремонта  $m$ . Меньшее значение оказывают объемы ремонта  $N$ , количество видов восстанавливаемых элементов и параметров расположения. Если принять степень влияния на величину  $T$  наименее значимого параметра  $n_{np}$  за единицу, то степень влияния остальных факторов составляет значения:  $n_s - 1,30$ ;  $N - 2,14$ ;  $A - 3,66$  и  $S_n - 4,15$ . Увеличение количества видов восстанавливаемых элементов требует создания СТО с большим количеством функций и нетрадиционными схемами базирования. Увеличение объемов ремонта связано с увеличением производительности машин. Увеличение массы предмета труда и точности его обработки связаны с повышением динамической жесткости технологической машины за счет увеличения размеров и массы ее элементов.

Трудоемкость подготовки испытательных операций зависит как от объемов ремонта, так и от массы предмета труда, причем последнее влияние в 5,87 раза больше, чем влияние  $N$ . Это объясняется большими возможностями по производительности применяемых технологических машин и тесной корреляционной связью между значениями массы предмета труда и величиной функции цели.

### 6.3. МОЩНОСТЬ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОГО УЧАСТКА И СОСТАВ ЕГО УЧАСТКОВ И ОБОРУДОВАНИЯ

Последовательность расчета трудоемкости технологической подготовки к ремонту объекта определенной модели приведена на рис. 6.2.

Трудоемкости подготовки различных участков производства определяют по зависимостям (6.19) – (6.23). Уравнения (6.19) и (6.22) относятся ко всему ремонтируемому изделию, а уравнения (6.20), (6.21) и (6.23) – к его частям. Множество учитываемых частей (деталей и сборочных единиц

ремонтируемого объекта) определяют, исходя из возможной кооперации с другими ремонтными предприятиями и поступления запасных частей по договорам с машиностроительных предприятий.

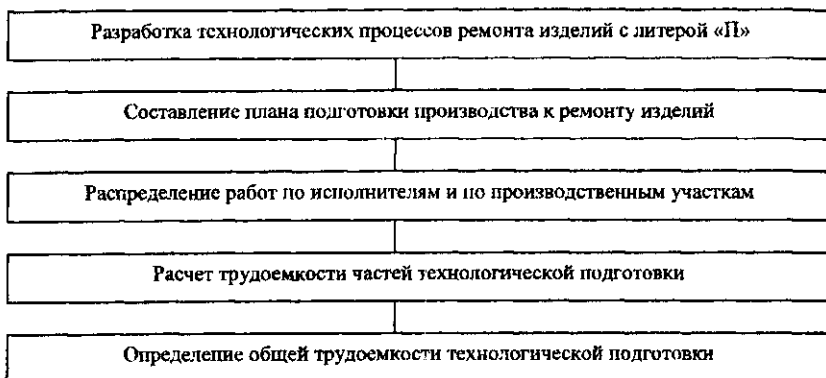


Рис. 6.2. Схема расчета трудоемкости технологической подготовки ремонтного производства

Небольшая часть ремонтных работ (окрашивание, консервация и устранение дефектов, обнаруженных во время испытания и последующей эксплуатации в гарантийный период) оказалась нерассмотренной. Работы по созданию СТО, выполняющие указанные операции, учитывались путем введения дополнительного коэффициента  $K_d$ , характеризующего увеличение трудоемкости технологической подготовки сборочного (сборочно-испытательного) участка. Значение этого коэффициента составляет 1,10...1,15.

Общую трудоемкость подготовки производства  $T_{мп\text{ пр}}$  определяют сложением составляющих:

$$T_{мп\text{ пр}} = T_{ро} + T_{оп} + T_{од} + K_d T_{сб} + T_{исл}, \quad (6.24)$$

где  $T_{ро}$ ,  $T_{оп}$ ,  $T_{од}$ ,  $T_{сб}$  и  $T_{исл}$  – трудоемкости подготовки участков (рабочих мест) разборочно-очистных, определения повреждений, восстановления деталей, сборочных и испытательных соответственно.

Мощность участка вспомогательного производства  $N_{всп}$  выражается количеством СТО, выпускаемых в единицу времени, или трудоемкостью их изготовления за это время и определяется делением общей трудоемко-

сти (6.24) на установленное директивное время, в течение которого должна быть проведена технологическая подготовка:

$$N_{\text{упл}} = T_{\text{мл рп}} / n_m, \text{ тыс. чел.-ч/мес.}, \quad (6.25)$$

где  $n_m$  – директивный срок подготовки производства, мес.

Списочное количество рабочих  $P_c$  участка вспомогательного производства находится по формуле:

$$P_c = N_{\text{упл}} / \Phi_{\text{др}}, \quad (6.26)$$

где  $\Phi_{\text{др}}$  – действительный фонд времени рабочего за месяц, ч/мес.

Распределения деталей СТО по форме, массе и точности изготовления определяют состав оборудования участка вспомогательного производства. Этот участок в составе завода по капитальному ремонту агрегатов должен иметь в своем составе станки, приведенные в таблице 6.1.

Таблица 6.1

Состав станочного парка инструментального цеха

Типы станков	Доля, %
Токарные	25...50
Сверлильные (в том числе половина радиальных)	8...12
Шлифовальные (в том числе плоскошлифовальные и один внутришлифовальный)	15...20
Координатно-расточные	5...7
Зубообрабатывающие (в том числе один зубодолбежный и один шевинговальный)	5...7
Фрезерные	15...20
Заточные	10...15
Электроэрозионные	2

Станки на чистовых операциях должны быть на 1 – 2 класса точнее оборудования, применяемого в основном производстве.

Соотношение численности рабочих участка выбирается таким образом, чтобы одного слесаря обслуживали 1,5 – 2,0 станочника.

## Глава 7

### СИСТЕМА КАЧЕСТВА РЕМОНТА МАШИН

#### 7.1. КАЧЕСТВО И ТЕХНИЧЕСКИЙ УРОВЕНЬ ПРОДУКЦИИ

*Качество* – это совокупность характеристик объекта, относящихся к его способности удовлетворить установленные и предполагаемые потребности (ИСО 8402). Качество ремонтируемой продукции оценивают десятью группами показателей: назначения, надежности, безопасности, технологичности, эргономическими, эстетическими, экологическими, стандартизации и унификации, патентно-правовыми и экономическими. Наиболее критичными являются показатели назначения, надежности, безопасности и экономические.

Показатели *назначения* характеризуют способность машины выполнять функцию, ради которой он создавался. В качестве показателей назначения принимают самые важные и необходимые свойства (грузоподъемность, производительность, вместимость, скорость движения и др.). Оценка показателей назначения машины входит в программу его функциональных испытаний при постановке на производство. При ремонте машины этой группой показателей не управляют.

*Надежность* – одно из основных эксплуатационных свойств машины. Под надежностью (ГОСТ 27.002-89) понимают свойство изделия сохранять во времени и в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, хранения и транспортирования. Показатели надежности дополняют показатели назначения в части обеспечения их стабильности в течение нормативной наработки. Большое влияние на надежность машины оказывает качество ее ремонта. Оценка показателей надежности машины входит в программу ее испытаний на надежность.

Надежность машины – комплексное свойство, которое включает безотказность, долговечность, ремонтпригодность и сохраняемость или сочетание этих свойств.

В свою очередь *безотказность* является основным среди составляющих надежности. Это свойство определяет способность машины со-

---

\*Послеремонтная наработка техники в 1,5...2,5 раза меньше наработки новых изделий. На устранение отказов приходится до 60 % общих затрат на содержание ее в работоспособном состоянии. Наработка на сложный отказ машин в среднем на 30 % ниже нормативных значений.

хранять работоспособное состояние в течение некоторого времени или наработки. Безотказность, например, может быть оценена вероятностью безотказной работы машины или средней наработкой его до отказа.

*Отказ* определяют как переход машины в неработоспособное состояние. Причина отказа заключается в накоплении критического множества повреждений в ее элементах. Повреждения проявляются в виде деформаций, механических разрушений и коррозии деталей, износа их поверхностей, старения и усталости материала и др.

*Долговечность* – свойство машины сохранять работоспособность до предельного состояния с необходимыми перерывами для технического обслуживания и ремонта. Долговечность машины рассматривают как отрезок времени или наработки, в течение которого оценивают ее безотказность. Показателями долговечности служат срок службы и ресурс. *Срок службы* машины – это календарная продолжительность ее эксплуатации до предельного состояния, а *ресурс* – это наработка до этого состояния.

Общий ресурс деталей машин, как правило, превышает их ресурс по износостойкости, при этом масса изношенных деталей незначительно (на 1...3 %) отличается от массы новых деталей. Это положение предполагает использование остаточной долговечности деталей путем восстановления их размеров и свойств до значений, установленных ремонтными документами.

*Ремонтопригодность* – это приспособленность машины или его частей к предупреждению, обнаружению и устранению отказов путем технического обслуживания или ремонта.

*Сохраняемость* – это свойство машины сохранять исправное состояние во время его хранения и транспортирования.

*Безопасность* – это свойство машины обеспечить защиту людей от опасных и вредных факторов и исключить заболевания и несчастные случаи. Испытания машины на ее безопасность являются основными при сертификации продукции.

*Экономические* показатели в виде сопоставления эффекта от использования машины и затрат на его создание и эксплуатацию применяют на завершающей стадии оценки его качества.

*Уровень качества* – это отношение показателей качества рассматриваемой машины к соответствующим показателям качества машины-аналога.

*Технический уровень* машины – это относительная характеристика ее качества, основанная на сопоставлении значений показателей, характеризующих ее техническое совершенство, со значениями одноименных показателей лучшего аналога.

Технический уровень машины является частным показателем уровня ее качества, потому что свойства, определяющие его технический уровень, входят в общую совокупность свойств. Показатели технического совершенства связаны с существенным повышением полезного эффекта машин от применения научно-технических достижений. Техническое совершенство выражается показателями материалоемкости и энергоемкости, эргономическими и безопасности и др. Машина становится более совершенной в результате использования новых конструктивных решений, материалов, прогрессивных технологических процессов, методов контроля и испытаний.

Технический уровень машин повышают при ремонте путем их *модернизации*, которая состоит в замене отдельных составных частей более совершенными, выпускаемыми машиностроительными заводами, а также в использовании деталей, упрочненных при их восстановлении.

## 7.2. ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА И МЕТОДЫ ЕГО ОЦЕНКИ

Качество восстановленных деталей и отремонтированных сборочных единиц, агрегатов и машин определяется показателями (свойствами), представленными в таблице 7.1, значения которых регламентированы руководствами по капитальному ремонту машин и их агрегатов. Нормативные значения показателей являются ограничениями, которые в свою очередь обеспечивают не менее чем 80-процентную послеремонтную наработку машин от наработки новых изделий.

Таблица 7.1

Восстанавливаемые свойства машин и их составных частей

Объекты	Восстанавливаемые свойства
1	2
Детали	Чистота поверхностей
	Химический и структурный состав материала
	Износостойкость поверхностей
	Прочность элементов, воспринимающих статические нагрузки
	Усталостная (циклическая) прочность
	Жесткость
	Герметичность стенок
	Взаимное расположение и форма элементов
	Линейные и угловые размеры
	Шероховатость рабочих поверхностей
	Масса и ее распределение относительно осей вращения и инерции
Коррозионная стойкость	



1	2
Сборочные единицы	Замыкающие размеры
	Масса и ее распределение относительно осей вращения и инерция
	Сборочные усилия и моменты
Агрегаты	Замыкающие размеры
	Сборочные усилия и моменты
	Герметичность стыков
	Коррозионная стойкость
	Уравновешенность
	Приработанность поверхностей трущихся соединений
	Шум при работе
	Температура стенок корпусной детали
	Расход и давление сред
	Параметры процессов (перемещения, скорости, ускорения, время и др.)
	Моменты на валах
Выделение вредных веществ	
Машины	Относительное расположение частей
	Сборочные усилия и моменты
	Коррозионная стойкость листовых панелей
	Толщина, состав, прочность и гладкость лакокрасочных покрытий
	Тяговые свойства
	Топливная экономичность
	Динамические свойства
	Плавность хода
Управляемость	

Следует отметить, что значения приведенных показателей при восстановлении (ремонте) изделий уступают соответствующим значениям, установленным заводами-изготовителями при изготовлении изделий. Например, при изготовлении предельная несоосность коренных опор двухрядного блока цилиндров двигателя с рабочим объемом 4,25 л установлена 0,017 мм, при ремонте сборочной единицы значение этого показателя увеличено до 0,03 мм.

Отдельные свойства могут быть измерены и выражены абсолютными величинами. Каждое свойство может также выражаться относительным показателем, который определяется сопоставлением значения абсолютного показателя со значением базового показателя и своей весомостью среди остальных свойств. В качестве базовых показателей принимают характеристики гипотетических или лучших образцов (аналогов) отрасли.

Качество ремонта машин оценивают единичными, комплексными и интегральными показателями.

Единичные показатели относятся к одному из свойств машины, комплексные – к нескольким свойствам, а интегральный – концентрирует в себе все свойства.

Каждый из комплексных показателей выражается средневзвешенным арифметическим  $Q$  или геометрическим  $V$  единичных показателей соответственно:

$$Q = \sum_{i=1}^n m_i q_i ; \quad (7.1)$$

$$V = \prod_{i=1}^n q_i^{m_i} ; \quad (7.2)$$

$$\sum_{i=1}^n m_i = 1 , \quad (7.3)$$

где  $m_i$  – коэффициент весомости;  $q_i$  – единичный показатель качества;  $i = \overline{1, n}$ ;  $n$  – число показателей.

Интегральный показатель  $\Pi_u$  выражает соотношение полезного эффекта  $\mathcal{E}$  от использования машины и суммарных затрат  $Z$  на ее эксплуатацию:

$$\Pi_u = \mathcal{E}/Z. \quad (7.4)$$

### 7.3. СОДЕРЖАНИЕ СИСТЕМЫ КАЧЕСТВА РЕМОНТА МАШИН

История разработки и внедрения систем управления качеством продукции началась в 60-х годах прошлого века. В это время наибольшее распространение в СССР и за рубежом получила саратовская система бездефектного изготовления продукции. Однако она распространялась только на стадию изготовления продукции и не учитывала стадии ее проектирования и постановки на производство. На предприятиях Горьковской области была разработана и внедрена комплексная система качества КАНАРСПИ (качество, надежность, ресурс с первых изделий), которая требовала экспериментальных работ по выявлению надежности изделий на этапах их освоения. В то же время на предприятиях Минска, Рыбинска, Львова, Ярославля и Риги появились системы, которые обеспечили бездефектный труд всех категорий работающих с использованием материального и морального стимулирования.

а заводах Львова эта система приобрела юридическую силу путем создания стандартов предприятий, которые дополнили и конкретизировали государственную систему стандартов, что позволило управлять качеством продукции. На многих ремонтных предприятиях до настоящего времени действует комплексная система управления качеством продукции.

### 7.3.1. Определение и структура системы качества

Нормативный уровень качества отремонтированных машин может быть достигнут путем разработки на предприятии системы качества ремонта машин (СК РМ) и внедрения ее в производство.

*Система качества ремонта машин* – это множество регламентированных стандартами предприятия действий работников, необходимых для достижения нормативного качества отремонтированных машин и его непрерывного улучшения.

Указанные стандарты предприятия определяют цель СК РМ, ее функциональную и организационную структуры, процессы и ресурсы, обеспечивающие руководство качеством ремонта машин.

*Цель системы* состоит в достижении показателей качества отремонтированных машин не ниже нормативных и превышающих соответствующие показатели машин, выпущенных ведущими ремонтными предприятиями отрасли. Задачи системы заключаются в создании условий для выпуска такой продукции.

*Условия производства* подразумевают обеспечение рабочих мест качественными материалами, полуфабрикатами и комплектующими изделиями, использование аттестованных исправных СТО, протекание технологических процессов в установленной последовательности и определенным образом, соответствие режимов обработки ремонтируемых изделий требованиям технологических процессов, привлечение к работе обученного и аттестованного персонала и контроль качества продукции.

*Функциональная структура системы* определяется множеством функций работников и их взаимодействием по обеспечению качества продукции. Эти функции подчинены цели системы и включают: планирование, руководство, управление и непрерывное улучшение качества продукции. Действие системы связано с потреблением ресурсов и оценивается критериями.

*Планирование качества* заключается в определении требований к продукции и разработке мероприятий, обеспечивающих достижение этих требований.

*Руководство качеством* включает множество действий в составе административного управления предприятием по достижению цели системы. К работе по достижению этой цели привлекают всех работников предпри-

ятия, однако ответственность за общее руководство качеством несут руководители предприятия. В число их входят директор, главный инженер, заместитель директора и главный бухгалтер. Эффективность руководства оценивают снижением числа дефектов и стоимости продукции, совершенствованием технологических процессов и СТО.

*Управление качеством* — это виды и методы деятельности оперативного характера, обеспечивающие выполнение требований к качеству продукции. Эта деятельность предусматривает как управление технологическими процессами, их контроль и корректирование, сбор информации о них, так выявление и устранение причин неудовлетворительного качества. Управляемость системы определяется изменчивостью управляемых параметров под влиянием управляющего воздействия.

*Улучшение качества* — это постоянная деятельность работников предприятия, направленная на повышение качества продукции, совершенствование элементов производства и системы качества.

*Организационная структура* определяется отношениями и взаимодействием работников предприятия, их ответственностью и полномочиями.

В зависимости от места работников в структурной иерархии предприятия, различают ответственность, полномочия и взаимодействие трех различных категорий работников: руководителей предприятия, руководителей цехов и участков, рабочих.

*Меру ответственности* за качество и полномочия каждого работника с описанием случаев, в которых работник должен взаимодействовать с другими лицами, устанавливают положения о подразделениях (цехах и отделах) и должностные инструкции.

В зависимости от отношения к технологическим процессам ремонта машин различают персонал, обеспечивающий качество (конструкторы, технологи, руководители цехового звена, рабочие) и его контролирующей (работники ОТК). В качестве ответственных за качество или выполнение определенных процедур, функций и задач назначают тех работников, которые наиболее близко соприкасаются с данными работами в своей деятельности. Машины приобретают качество в процессе ремонта по мере выполнения технологических процессов, а не в результате их контроля. Поэтому основная ответственность за качество их ремонта возлагают на рабочих, мастеров, начальников цехов, заместителя директора по производству, а не на ОТК.

Ответственность, полномочия и взаимодействие персонала четко и полностью определяют. Полномочия работника должны позволить ему принятие мер для выполнения задач в рамках возложенной на него ответственности.

Система стимулирования работников предприятия за качество продукции учитывает как меру ответственности персонала за выполнение работ, влияющих на это качество, так и результаты этих работ.

Руководитель предприятия определяет и выделяет ресурсы в необходимом объеме для действия СК РМ. Ресурсы включают: подготовленный персонал, СТО, средства измерений, техническую документацию и справочную литературу, оргтехнику, средства связи и программы. Обеспечение необходимыми ресурсами находит отражение в планах опытно-конструкторских работ, постановки продукции на производство, повышения качества ремонта машин и совершенствования системы качества.

### 7.3.2. Концепция и политика системы качества

Современная СК РМ строится в соответствии с требованиями стандартов серии ISO 9000. Основные принципы создания и действия СК РМ заключаются в следующем [46 – 48].

Конкурентоспособность отремонтированных машин, повышение производительности труда и улучшение экономических показателей предприятия за счет расширения рынков сбыта и повышения прибыльности от продажи продукции достигаются путем непрерывного и планомерного совершенствования технологических процессов и организации производства. Такому совершенствованию способствует современная концепция качества, которая включает [96]:

- наличие политики в области качества;
- замену многих поставщиков (по каждому виду закупаемых материалов, полуфабрикатов и изделий) на долгосрочные связи с одним поставщиком;
- непрерывное эволюционное улучшение качества за счет совершенствования системы качества, материальной базы и организационной структуры предприятия, исключения количественных показателей, плакатов и лозунгов;
- устранение внутренних и внешних барьеров, препятствующих непрерывному улучшению качества;
- исключение сплошного контроля качества продукции и внедрение его выборочных методов;
- введение новых методов руководства предприятием и его подразделениями и оценки личных качеств работников, устранение страха перед работой и руководителями, чтобы каждый сотрудник мог приносить наибольшую пользу предприятию, развитие у работников чувства профессиональной гордости за предприятие и результаты его работы;
- систематическую подготовку и переподготовку всего персонала предприятия.

Политику в области качества высказывает руководитель предприятия, который распределяют ответственность за функционирование элементов системы качества между работниками завода. Каждый работник выполняет свои строго определенные функции, за что несет ответственность.

*Политика* в области качества – это описание цели, задач и основных принципов СК РМ.

Средства достижения цели следующие: освоение ремонта машин новых видов с их модернизацией; внедрение новых технологических процессов, обеспечивающих заданный уровень качества с наименьшим расходом производственных ресурсов; обеспечение производства необходимыми СТО с последующим их обновлением; подготовка кадров высокой квалификации с новым отношением к вопросам качества; функционирование системы качества.

Политика качества реализуется в целевых организационно-технических программах обеспечения и повышения качества продукции, действующих в течение одного года или большего числа лет.

#### **Пример политики качества**

1. Наше стремление – быть для наших реальных и потенциальных потребителей самыми компетентными и надежными партнерами во всех вопросах, касающихся наших изделий и услуг. Потребитель определяет вид и объем поставок продукции и критерии ее качества. *Мы – организация, ориентированная на потребителя.*

2. Мы готовы к переменам и стремимся делать новое и необходимое, а не отжившее, но привычное. *Мы – развивающаяся организация, восприимчивая к новому.*

3. Мы добиваемся полного и эффективного использования производственных ресурсов. *Мы – эффективная организация.*

4. В нашей организации каждый относится к коллеге по следующему этапу процесса как к внутреннему потребителю. *Мы – организация, ориентированная на процессный подход.*

5. Мы повышаем ценность нашего предприятия путем непрерывного роста профессионализма каждого сотрудника, совершенствования внутренних отношений и использования прогрессивных технологий. *Мы – обучающаяся организация.*

6. Наше процветание мы связываем с процветанием всех тех, для кого и с кем мы работаем. *Мы – организация партнерского типа.*

7. Мы ценим способность наших лидеров содействовать профессиональной самореализации сотрудников. *Мы – организация, базирующая свою деятельность на лидерстве и вовлеченности персонала.*

8. Наша цель – превзойти качество продукции, достигнутое на предприятиях отрасли на основе повышения технического уровня нашего предприятия. *Мы работаем для тех, кто сделал ставку на качество.*

При разработке СК РМ считают, что основные требования к качеству продукции выдвигает заказчик. На предприятии организуют маркетинговые исследования спроса и требований потребителя. Результаты исследований включаются в технические требования к продукции. Действует принцип: не продавать произведенное, а производить то, что продается!

Система качества ремонта машин действует во взаимодействии с другими системами подготовки и обеспечения производства – конструкторской, технологической, организационной и снабженческо-сбытовой – которые влияют на качество продукции. Это означает, что СК РМ является неотъемлемой частью системы управления заводом и функционирует как ее составляющая часть.

Действие СК РМ распространяется на те стадии жизненного цикла продукции, с которыми соприкасается предприятие: от изучения спроса на рынке до утилизации ее в конце срока службы.

Система качества ремонта машин способствует непрерывному его улучшению. Чтобы реализовать этот принцип определяют содержание улучшения качества, мотивируют это улучшение, стимулируют саму мотивацию и обучают персонал в области управления качеством.

Внедрение СК РМ исключает обезличенность ремонтируемых машин, в том числе их частей. Система направлена на предупреждение проблем, а не на преодоление их после возникновения.

Система качества ремонта машин предусматривает аттестацию как работников, так и самого предприятия.

Систему качества ремонта машин излагают в виде документов, в которых приведены элементы системы, их функции и все требования к ним. Форму документов системы устанавливает каждое предприятие самостоятельно. Документы доступны для пользователей, а их требования – конкретны и однозначны. Отдельные документы находятся у тех работников, для которых они созданы.

Все элементы СК РМ являются предметом регулярного внутреннего и внешнего аудита. Это необходимо для надежного функционирования системы качества и уверенности руководства предприятием в том, что намеченная цель достигается. Аудиторская работа проводится по графику специально подготовленным персоналом.

Директор назначает *уполномоченного по качеству*, который подчиняется непосредственно ему и руководит разработкой, внедрением, содержанием в работоспособном состоянии и совершенствованием СК РМ. Уполномоченный по качеству создает на заводе службу качества, организует его анализ, утверждает мероприятия по устранению несоответствий,

выявленных при этом анализе внутренними и внешними аудиторами, и оценивает общий эффект в области качества.

Система качества ремонта машин подвергается регулярному анализу и оценке со стороны руководства предприятия. Основными источниками информации о действии системы служат регулярные отчеты руководителей подразделений завода и отчеты об аудитах. Уполномоченный по качеству обобщает эти отчеты и составляет доклад руководителю предприятия не реже двух раз в год. Этот доклад содержит ответы на вопросы: соблюдаются ли основные положения политики качества? удовлетворены ли потребители качеством продукции? достигается ли цель предприятия в области качества? какова репутация предприятия на рынке? эффективна ли действующая система выявления и устранения причин имеющихся или потенциальных несоответствий? К докладу прилагаются предложения по совершенствованию системы качества.

### 7.3.3. Ответственность за качество и полномочия работников

Ответственность, полномочия и взаимодействие персонала четко и полностью определяют, при этом полномочия работника должны позволить ему принятие мер для выполнения задач в рамках возложенной на него ответственности. На каждом заводе разрабатывают наглядную матрицу ответственности и полномочий работников всех уровней производства.

Система стимулирования работников предприятия за качество продукции учитывает как меру ответственности персонала за выполнение работ, влияющих на это качество, так и результаты этих работ.

В зависимости от отношения к технологическим процессам ремонта машин различают *персонал, обеспечивающий качество* (конструкторы, технологи, руководители цехового звена, рабочие) и *его контролирующий* (работники отдела технического контроля).

*Рабочий основного производства* отвечает за состояние закрепленного за ним оборудования и технологическую дисциплину. Он ведет контрольную карту, помещает в изолятор брака продукцию, произведенную с дефектами, воздерживается от выполнения работы, если продукция будет изготовлена с дефектом, докладывает бригадиру (мастеру) о неудовлетворительных условиях производства.

*Мастер* отвечает за производственную дисциплину и порядок на вверенном ему участке, техническое состояние СТО, обеспечение рабочих мест средствами измерений, строгое выполнение рабочими закрепленных операций (в том числе, контрольных), ведение документации по учету параметров продукции.



*Начальник цеха* несет ответственность за соответствие параметров продукции, выпускаемой цехом, требованиям документации, за соблюдение, контроль и управление процессами производства, консервирование продукции и отправку ее на склад.

Контроль качества ремонта машин со стороны ОТК не освобождает руководителей смен, участков и цехов от ответственности за выпуск качественной продукции.

*Начальник ОТК* отвечает за выпуск качественной и комплектной продукции, соответствующей нормативной и технологической документации, организацию, состояние и совершенствование системы технического контроля, своевременное оформление документов, удостоверяющих соответствие выпускаемой продукции установленным требованиям, использование на контрольных операциях исправных и поверенных средств измерений, организацию приемочного контроля продукции, надлежащее выполнение своих функций и должностных обязанностей работниками отдела. Начальник ОТК наравне с директором завода несет ответственность согласно действующему законодательству.

*Главный бухгалтер* несет ответственность за учет сырья, материалов, продукции, отходов и затрат на качество. Он обеспечивает внедрение и выполнение требований системы качества в бухгалтерии и финансирование заводских мероприятий по качеству.

*Главный инженер* и *заместитель директора* отвечают за функции системы качества в подчиненных им производствах. Они организуют разработку и совершенствование нормативных документов, выявляют и предотвращают любые несоответствия, относящиеся к системе качества, управляют последующими действиями до тех пор, пока несоответствия не будут устранены.

*Директор предприятия* несет ответственность за практическое применение разработанной системы качества и совершенствование структуры предприятия.

#### **7.3.4. Наблюдение за продукцией на стадиях ее жизненного цикла**

*Наблюдение* за продукцией – это сбор информации об ее состоянии в течение ремонта на предприятии и последующих стадий жизненного цикла вне предприятия.

Ремонтный завод черпает сведения о качестве ремонта своей продукции из следующих источников:

- данных операционного контроля изделий;
- ведомостей дефектов, обнаруженных во время приемо-сдаточных испытаний агрегатов и машин;

- списков дефектов, выявленных в гарантийный период эксплуатации;
- данных опорных хозяйств, в которых используют отремонтированные машины и собирают сведения об их отказах;
- данных о наработке и состоянии агрегатов и машин, поступивших в капитальный ремонт;
- сведений о послеремонтной наработке машин, подлежащих списанию.

При операционном контроле в основном выявляют отклонения геометрических параметров от их нормативных значений, во время приемосдаточных испытаний – течи воды и масла, низкие значения функциональных показателей, в гарантийный период эксплуатации – износы и изломы деталей. В опорные хозяйства направляют машины или товарные агрегаты с деталями, восстановленными новыми не апробированными способами. Сведения последних двух групп дают основания для принятия мер по повышению послеремонтной наработки изделий.

*Маркирование* продукции – это процедура нанесения пометок или этикеток на ремонтируемые (восстанавливаемые) изделия для целей их учета.

Маркируют машины, агрегаты и некоторые детали. Маркируют те детали, которые влияют на безопасность и надежность отремонтированных агрегатов. Факт маркирования изделий отражают в технических требованиях ремонтной документации к изделиям. В технологической документации отражают способ маркирования: шифр и вид пометок, формы маршрутного листа на деталь и технологического паспорта на агрегат или машину.

Маркированную продукцию определенным образом учитывают. Ответственность за оформление документов по маркированию машин и их частей возлагают на мастеров участков. Эти документы хранят в архиве ОТК в течение гарантийного срока службы изделий. Отдел сбыта ведет учет места использования продукции.

*Прослеживаемость продукции* – это определение места и времени выполнения ремонтных работ, в результате которых продукция выпущена с браком, а также установление личности работников, выполнивших и оценивших указанные работы.

Мероприятия маркирования и прослеживаемости продукции устанавливают использование или нахождение изделия с дефектами. Прослеживаемость должна обеспечить ретроспективу поступления ремонтного фонда, материалов, полуфабрикатов и запасных частей, выполнения технологических операций ремонта, а также определение места нахождения, условий и наработки изделий.

Реальные дефекты определяют и устраняют с целью исключения их повторения с помощью *корректирующих* действий, а возможные дефекты в будущем исключают с помощью *предупреждающих* действий (рис. 7.1).



Рис. 7.1. Порядок выявления причин дефектов и реализации мер по их устранению и предупреждению

Устранение причин дефектов связано с изменением технических требований к материалам, полуфабрикатам и товарной продукции, технологических процессов и СТО, хранения и транспортирования продукции.

Корректирующие и предупреждающие мероприятия разрабатывают на основании всех видов испытания продукции, актов проверки технологической дисциплины, результатов аудиторских проверок, предложений по улучшению технологических процессов, протоколов «Дня качества», актов

списания бракованной продукции, случаев выпуска продукции по особым санкциям, выявления дефектов в гарантийный срок эксплуатации.

Экономисты оценивают эффективность намеченных мер с использованием сведений технического и экономического характера. При положительной эффективности найденного технического решения оно вносится в действующую документацию в виде изменения. При отсутствии этой эффективности организуют поиск нового решения.

### **7.3.5. Аттестация производства и организация контроля качества**

*Аттестация* предприятия представляет собой комплекс мероприятий по определению его возможности ремонтировать машины в соответствии с требованиями нормативной и ремонтной документации. Аттестация бывает плановой и инспекционной.

Производство аттестуют при заводской или государственной сертификации. Аттестуют отдельные рабочие места (операции), по результатам чего принимают решение о состоянии производственных участков, затем – цехов и, наконец, всего предприятия.

Аттестация производства включает проверку ремонтной и технологической документации, знаний и способности рабочих обеспечить требования технической документации, производственного порядка на рабочих местах, состояния оборудования, оснастки (в том числе инструмента) и средств измерений.

При проверке ремонтной документации устанавливают достаточность требований к качеству продукции. Далее устанавливают, все ли требования ремонтной документации учтены технологической документацией и обеспечиваются ею.

Квалификационный разряд рабочего должен быть не ниже разряда выполняемой работы. Проверяют знания в объеме квалификационных требований, а также знания устройства ремонтируемого изделия, технологии его ремонта, возможных причин дефектов и мер по их предупреждению. Рабочий должен показать умение измерять величины, приведенные в технологической документации.

При контроле оборудования проверяют наличие графика планово-предупредительных ремонтов и полноту их проведения. Выборочно проверяют технологическую точность станков по разработанным методикам и с применением имеющейся оснастки. Рабочие вспомогательного производства должны демонстрировать умения, касающиеся проверки оборудования на технологическую точность и его ремонта. Проверяющие обращают внимание на смазку станков и заправку их СОЖ.

При проверке технологической оснастки контролируют выполнение графика ее контроля на технологическую точность, наличие методик и необходимых СТО для этого контроля. Выборочно проверяют некоторые экземпляры оснастки.

Средства измерений должны пройти поверку по графику. На рабочих местах не должно быть средств измерений, не указанных в технологической документации или с истекшими сроками поверки.

И, наконец, случайным образом отбирают экземпляр агрегата или машины, принятый ОТК и находящийся на складе готовой продукции. У изделия измеряют значения контролируемых параметров и сопоставляют их с нормативными значениями. В этом случае возможна частичная разборка изделия.

Аттестация предприятия предполагает периодические испытания продукции.

На заводе создают отдел *технического контроля* во главе с начальником, который подчиняется директору завода. Структурная схема ОТК приведена на рисунке 7.2.

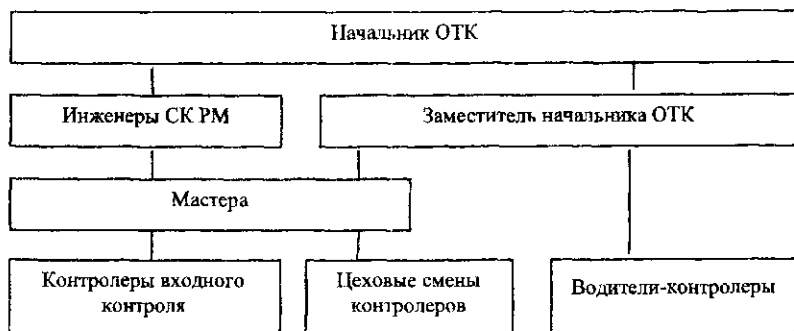


Рис. 7.2. Структурная схема отдела технического контроля

*Объекты технического контроля:* нормативная, ремонтная и технологическая документация; оборудование, приспособления и инструменты; средства измерений, испытаний и контроля; материалы, полуфабрикаты и запасные части; ремонтируемые и восстанавливаемые изделия.

Силами ОТК организуют входной контроль изделий и материалов с целью предотвращения запуска в производство продукции, не соответствующей требованиям договоров на поставку. Текущая работа контрольно-

го аппарата заключается в проведении операционного контроля продукции согласно технологическим процессам контроля; ведение учета продукции, прошедшей приемо-сдаточные испытания. Важная функция ОТК заключается в исключении причин недостаточного качества продукции.

*Основные задачи ОТК:*

- предотвращение выпуска продукции, не соответствующей требованиям нормативной, ремонтной и технологической документации, условиям поставки и договоров;

- укрепление трудовой и технологической дисциплины;

- повышение ответственности работников за качество продукции;

- изучение причин брака и реализация мероприятий по его предупреждению.

Система технического контроля требует непрерывного анализа ее эффективности и внедрения прогрессивных средств и операций, повышающих производительность труда и достоверность контроля.

Отдел технического контроля проводит работу во взаимодействии с цехами основного производства, ОМТС, ПДО и ОГТ, юридическим бюро и бухгалтерией.

Начальник ОТК имеет право остановить приемку продукции, которая выходит с повторяющимися дефектами, выполнена из материалов не соответствующих установленным требованиям, на неисправном оборудовании и по документации, которая не учитывает требования нормативной документации.

#### 7.4. СЕРТИФИКАЦИЯ СИСТЕМЫ КАЧЕСТВА

*Сертификация системы качества* – это действия органа по сертификации, доказывающие, что система качества ремонтного предприятия соответствует требованиям стандартов серии ISO 9000.

Современная система качества ремонта машин обеспечивает его непрерывное эволюционное улучшение за счет следующих мероприятий:

- формирования целенаправленной политики качества;

- мотивации улучшения качества, вовлечения всего коллектива в этот процесс и определения ответственность и полномочий работников;

- совершенствования системы СТО и организационной структуры предприятия;

- введение новых методов руководства коллективом в части обеспечения нормативного качества ремонта машин.

Требования к создаваемой системе качества и ее состав изложены в стандарте ISO 9001. Примерный список стандартов предприятия, образующих СК РМ:

*Ответственность руководства:*

- общая ответственность руководства;
- ответственность руководства в области качества.

*Планирование показателей качества:*

- номенклатура и порядок планирования показателей качества.

*Анализ контракта:*

- организация маркетинговой деятельности на предприятии;
- порядок работ по подготовке контрактов и их оформлению.

*Управление проектированием:*

- порядок разработки и согласования технического задания;
- порядок разработки и постановки продукции на производство;
- управление проектированием. Авторский надзор.

*Управление документацией:*

- учет, хранение и обращение конструкторской и технологической документации.

- управление документацией системы качества;

*Закупки:*

- материально-техническое снабжение и порядок его проведения.

*Управление товарной продукцией:*

- управление продукцией, поставляемой потребителю;
- идентификация и прослеживаемость продукции.

*Управление процессами:*

- порядок разработки и выполнения плана организационно-технических мероприятий;

- планирование подготовки производства;

- планирование производства;

- оперативно-производственное управление;

- порядок разработки, утверждения и внедрения технологических документов;

- контроль технологической дисциплины;

- порядок разработки, изготовления и испытания СТО;

- технологическое обслуживание и ремонт технологического оборудования;

- порядок проверки оборудования на технологическую точность;

- проверка технологической оснастки на технологическую точность;

- порядок управления специальными процессами;

- порядок проведения «Дня качества».

*Контроль и испытания:*

- входной контроль материалов, полуфабрикатов и изделий;
- контроль продукции в процессе производства.
- испытания готовой продукции;

*Управление контрольным, измерительным и испытательным оборудованием:*

- метрологическое обеспечение производства.
- учет, поверка, хранение и эксплуатация средств измерения;

*Статус контроля и испытаний:*

- статус контроля и испытаний.

*Управление несоответствующей продукцией:*

- управление несоответствующей продукцией;
- корректирующие и предупреждающие действия;
- порядок разработки, реализации и оценка эффективности корректирующих мероприятий.

*Погрузочно-разгрузочные работы, хранение, упаковка, консервация и поставка продукции:*

- порядок поступления, приемки, хранения и внутриводское перемещение материалов, полуфабрикатов и запасных частей;
- порядок приемки готовой продукции на склад, ее хранения, учета и отгрузки;
- порядок обращения производственной тары.

*Управление регистрацией данных о качестве:*

- управление регистрацией данных о качестве.

*Внутренние проверки качества:*

- порядок проведения внутренних проверок качества.

*Подготовка кадров:*

- порядок подготовки и повышения квалификации кадров.

*Обслуживание продукции:*

- гарантийное обслуживание. Порядок рассмотрения претензий и рекламаций потребителей.

*Статистические методы:*

- статистические методы контроля качества.

Эксперты государственного органа при сертификации системы качества ремонта машин убеждаются, во-первых, в том, что список стандартов предприятия и их содержание соответствуют требованиям стандартов серии ISO 9000 и, во-вторых, каждый разработанный стандарт предприятия обеспечивает выполнение закрепленной функции.



## Глава 8

# ОРГАНИЗАЦИОННАЯ ПОДГОТОВКА РЕМОНТНОГО ПРОИЗВОДСТВА

### 8.1. СОДЕРЖАНИЕ И ПРИНЦИПЫ ОРГАНИЗАЦИИ РЕМОНТНОГО ПРОИЗВОДСТВА

#### 8.1.1. Цель и задачи организации производства и ее подготовка

*Организация производства* – это упорядоченность действий работников ремонтного предприятия, обеспечивающая ритмичный выпуск продукции нормативного качества с необходимой производительностью, надлежащими условиями безопасного труда, без загрязнения окружающей среды и с минимальным расходом производственных ресурсов.

*Организационная подготовка* производства – это разработка и выполнение мероприятий по построению оптимального трудового процесса. Организационные мероприятия касаются внедрения новых методов организации труда без изменения СТО и в пределах действующих технологических процессов.

При организационной подготовке производства различают: критерий, с использованием которого оценивают систему действий; ограничения, которые должны быть выполнены неукоснительно; параметры оптимизации, значения которых стремятся изменить в лучшую сторону.

*Критерий* организации производства – это его *ритмичность*, которая определяется выпуском продукции через одинаковые отрезки времени, равные расчетному такту производства. Ритмичность производства обусловлена его четким планированием, работой оборудования без остановок, своевременным обеспечением рабочих мест производственными ресурсами, образцовой технологической и трудовой дисциплиной.

*Ограничения* – это установленные уровень качества продукции и объемы ее выпуска, требования охраны труда, режим работы предприятия и его экологическая безопасность.

*Параметры оптимизации* при организации производства – это расход производственных ресурсов.

Если технологические процессы излагают в виде описания способов, то организационные мероприятия – в виде описания инструкций и методов. Технологическая документация регламентирует действия рабочих и СТО над ремонтируемыми объектами, а организационная документация – деятельность руководителей и исполнителей и их взаимодействие.

Различают объекты и средства организации производства (табл. 8.1). Производство и труд в текущем производстве организуют руководители предприятия, цехов, участков, смен, бригад, работники ПДО и ОТиЗ.

Таблица 8.1

Объекты и средства организации ремонтного производства

Объекты организации	Средства организации
Рабочие	Начало и конец работы
	Последовательное или параллельное выполнение работ
	Поддержание необходимой интенсивности труда в течение смены
	Соотношение труда и отдыха
	Исполнение обязанностей и предписаний
	Организация труда на рабочих местах
СТО и оргтехоснастка	Наличие табельного комплекта СТО
	Рациональное расположение СТО и оргтехоснастки на рабочих местах
	Содержание СТО в исправном состоянии
Производственная среда на рабочем месте	Скорость, температура и влажность воздуха
	Содержание в воздухе вредных веществ
	Интенсивность излучений (электромагнитных, оптических и тепловых), шума и вибраций
	Производственная эстетика
Ремонтируемые (восстанавливаемые) изделия	Обеспечение рабочих мест, создание запаса
	Сохранность
	Учет
Производственная мощность предприятия и его частей	Расчет производственной мощности предприятия
	Уравнивание производственной мощности предприятия и его частей
Производственные ресурсы	Нормирование и учет
	Своевременная подача на рабочие места
	Контроль расходования
	Учет и переработка отходов
Организационная структура предприятия	Определение состава предприятия и отношений между его частями
	Система управления
	Кадровый состав: количество, распределение по специальностям, квалификация. Подготовка и переподготовка
	Анализ, совершенствование и оптимизация структуры
Организационная документация	Своевременная разработка
	Наличие на рабочих местах
	Непрерывное совершенствование

Производство вначале организуют в пространстве, а затем – во времени.

Организация производства в *пространстве* основана на решении о месте размещения его частей на территории предприятия. Решение зависит от вида ремонтируемых объектов, объемов их выпуска и характеризуется размещением цехов внутри предприятия, участков внутри цехов и рабочих мест, инженерных сетей, оборудования, транспортных средств и оргтехоснастки внутри участков. Работы по организации производства в пространстве выполняют одновременно при его организационной и технологической подготовке. При этом стремятся сократить производственную площадь и транспортную работу по перемещению ремонтируемых объектов и их частей за счет оптимального расположения рабочих мест, СТО, конвейеров и инженерных сетей.

Организация производства во *времени* выполняется непрерывно в течение всего времени существования производства. Она включает определение количества производственных ресурсов на ремонт единицы продукции, распределение и своевременное обеспечение ими рабочих мест, а также контроль их расходования, содержание СТО в исправном состоянии, управление перемещением изделий, обеспечение надлежащих условий труда, переработку отходов, взаимодействие работников и действие системы качества.

Если производственная мощность рабочего места или участка выше производственной мощности предприятия, то излишек этой мощности не будет востребован, а капитальные и текущие затраты на содержание рабочих мест будут больше необходимых. Однако если производственная мощность рабочего места или участка меньше производственной мощности предприятия, то они становятся тормозом всего завода.

Мероприятия по уравниванию производственной мощности отдельных рабочих мест между собой включают передачу части работ с одного рабочего места на другое, параллельное выполнения работ, перестановку рабочих или дополнительное оснащение рабочих мест средствами ремонта. Трудоемкость работ, выполняемых на рабочих местах, должна быть пропорциональна численности рабочих на них

$$\frac{60t_1}{m_1} = \frac{60t_2}{m_2} = \dots = \frac{60t_i}{m_i} = \tau, \quad (8.1)$$

где  $t_i$  и  $m_i$  – трудоемкость работ (чел.-ч) и численность рабочих на  $i$ -м рабочем месте;  $i$  – рабочие места;  $\tau$  – такт производства, мин.

Обеспечение условия (8.1) приводит к повышению производственной мощности предприятия в целом, улучшению использования производственных фондов и снижению себестоимости продукции. При прочих равных условиях издержки производства будут наименьшими при полном использовании его производственной мощности.

Организационная подготовка производства протекает вместе с технологической подготовкой и включают в себя следующие элементы:

- обоснование производственной структуры ремонтного предприятия или его части;
- разработку системы управления заводом, в том числе его структурными подразделениями (отделами, цехами, участками, сменами и бригадами);
- распределение функций и установление взаимодействия между подразделениями, а также между работниками;
- создание условий, обеспечивающих безотказную работу оборудования;
- нормирование труда и его организацию на рабочих местах;
- разработку организационной документации и определение внутрицеховой отчетности и прохождения заказа;
- текущее обеспечение производственными ресурсами и их распределение между рабочими местами;
- повседневное обеспечение надлежащих условий труда;
- обеспечение кадрами и их подготовку.

Работы по организационной подготовке производства выполняют работники цехов и отделов: ПДО, ОТиЗ, ОК, ОМТС, ОГМ и ОГЭ.

### **8.1.2. Концентрация, специализация и кооперация производства**

Низкая цена ремонта машин с высокой производительностью и достаточным качеством восстановления деталей может быть обеспечена применением специализированного и специального оборудования. При этом достигается заданная точность обработки (например, 5...6 квалитеты точности при обработке заготовок резанием) и, как следствие, достигается нормативный ресурс изделий. Переделка универсального оборудования в специализированное требует больших затрат труда, энергии и материалов. Специальное оборудование создают с применением последних достижений науки и практики ремонта, его выпускают единицами, поэтому оно дорогостоящее. Для эффективного использования такого оборудования необходима его полная загрузка, которая достигается путем концентрации, специализации и кооперации ремонтного производства.

*Концентрация* (скопление в одном месте) производства по ремонту машин и агрегатов или восстановлению их деталей выражается в том, что в пределах экономического региона (района, области или республики) вместо многих мелких предприятий создают одно крупное производство (цех, участок или завод). На это производство собирают и доставляют изношенные изделия и организуют их ремонт (восстановление). Увеличение объемов ремонтных работ на одном предприятии достигается за счет увеличения площади обслуживаемого региона, что связано с увеличением затрат на перевозку ремонтного фонда и товарной продукции.

Полная загрузка крупносерийного или массового производства, оснащенного специализированным и специальным оборудованием, с поточной формой его организации позволяет получить экономический эффект даже при увеличении транспортных расходов на внешние перевозки [66; 67]. Увеличение объемов производства уменьшает удельные капитальные вложения в создание нового производства и цену ремонта отдельных машин и их составных частей.

*Специализация* производства основана на ограничении разнообразия ремонтируемых изделий и технологических процессов в масштабах одного завода или его участков. Специализация бывает предметной и технологической; увеличивает объемы производства и загрузку оборудования, сокращает объем технической документации, номенклатуру потребляемых материалов, полуфабрикатов и инструментов, снижает затраты на единицу продукции и, как следствие, способствует упрощению организации производства и внедрению ее высшей формы – поточного производства.

Специализация ремонтных заводов изменяется с потребностями рынка. До конца 80-х годов прошлого века был востребован капитальный ремонт полнокомплектных машин. Сейчас заводы перешли на капитальный ремонт агрегатов. Обследование деталей ремонтного фонда показывает, что при поступлении агрегата в капитальный ремонт они обладают неодинаковой остаточной долговечностью. Применительно к двигателям, обычно исчерпан ресурс уплотнительных деталей (например, поршневых колец), близки к исчерпанию ресурсы коленчатых валов и их вкладышей, поршней и выпускных клапанов. У гильз цилиндров и поршневых пальцев ресурс исчерпан на 50...70 %, а у блоков и головок цилиндров, толкателей, распределительных валов и шатунов – на 30...40 %. Это обязывает ремонтные заводы выпускать комплекты сборочных единиц и деталей в виде товарной продукции [34]. В комплекты входят основные сборочные единицы (цилиндропоршневые группы, коленчатые валы с маховиками и сце-

плениями), гильзы с прокладками и др., а также восстановленные или изготовленные малоресурсные детали (поршни, вкладыши коленчатого вала). Комплекты восстановленных и изготовленных деталей применяют в хозяйствах при среднем или текущем ремонтах машин.

Одной из форм специализации ремонтного производства является *индустриальное восстановление деталей* [50] в масштабах отрасли или предприятия с унификацией процессов восстановления деталей, основанной на их классификации.

Специализация одного производства неразрывно связана с его концентрацией и кооперацией с другими производствами.

*Кооперация* производства представляет собой распределение на договорной основе между различными ремонтными предприятиями:

- уникальных работ, требующих применения сложного дорогостоящего оборудования;
- ремонта отдельных агрегатов.

На принципах кооперации отдельные заводы организуют хромирование и никелирование заготовок с обезвреживанием отходов гальванического производства, аргонодуговую сварку на переменном токе деталей из алюминиевого сплава, плазменную резку листов на заготовки, нанесение плазменных покрытий на шейки коленчатых валов компрессоров с их механической обработкой, наплавку намолаживанием и др.

Разные заводы ремонтируют силовые агрегаты, коробки передач, ведущие и неведущие мосты, аккумуляторные батареи, генераторы, стартеры, электронные приборы и части топливной аппаратуры.

Целесообразность концентрации и кооперации производства устанавливаются путем сопоставления, с одной стороны, экономии от увеличения объемов выпуска продукции на отдельных предприятиях и повышения качества ремонта и увеличения транспортных расходов на перевозку ремонтного фонда и отремонтированной продукции, с другой стороны.

## 8.2. ИНДУСТРИАЛЬНОЕ ВОССТАНОВЛЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ

### 8.2.1. Условия организации индустриального восстановления деталей

Большие достижения в ремонтном производстве обусловлены внедрением *индустриального* (в литературе используют термин «централизованного») восстановления деталей с использованием поточно-механизированных линий (ПМЛ).

Целесообразность индустриального восстановления деталей зависит от объемов производства и вида деталей и определяется на основании анализа следующих данных [50]:

- соотношения между затратами на создание специализированного производства, оборотного ремонтного фонда и его перевозку, с одной стороны, и снижением себестоимости восстановления деталей от увеличения его объема, с другой стороны;

- соотношения между затратами на организацию индустриального восстановления деталей заданной номенклатуры и на их производство на заводе-изготовителе;

- влияния срока службы восстановленных деталей на послеремонтную наработку агрегатов, составными частями которых они являются.

Приведенные выше условия выражаются зависимостями:

$$a_s = f(s) < \frac{3_x}{G_g} \left[ \alpha(\alpha - 1) \left( \frac{3_{pc} + 3_{co}}{3_x} \right) + \alpha^2 - 1,03 \left( \frac{N_x}{N_c} \right)^s \right]; \quad (8.2)$$

$$\frac{\Phi_{до}}{t_{мин}} < A_c L_i k_p \left( \frac{m}{S_a} + \frac{k_p + k_z}{L_n} \cdot \frac{k_g}{k_p} \right); \quad (8.3)$$

$$\frac{\Phi_{до}}{t_{мин}} < A_c L_i k_p \left( \frac{m}{S_a} + \frac{k_p + k_z}{L_n} \cdot \frac{k_g}{k_p} \right); \quad (8.4)$$

$$3_c \beta + (3_{pc} + 3_{co})(\beta - 1) - k_o(K_{ym} - K_{yn}) < 3_n - 3_o \quad \text{при } \beta > 1; \quad (8.5)$$

$$3_c / \beta + (3_{pc} + 3_{co})(1/\beta - 1) - E(K_{ym} - K_{yn}) > 3_n + 3_o \quad \text{при } \beta < 1, \quad (8.6)$$

где  $a_s = f(s)$  – стоимость перевозки 1 кг деталей данного вида, руб.;  $s$  – расстояние перевозки деталей, км;  $3_x$  – затраты на восстановление деталей на комплексном участке, руб.;  $G_g$  – масса детали, кг;  $\alpha = T_c / T_x$  – коэффициент, учитывающий возможное неравенство средних сроков службы до предельного состояния или отказа детали  $T_c$  и  $T_x$ , восстановленной на участке специализированном и комплексном;  $3_{pc}$  – затраты на разборочные и сборочные работы по замене отказавшей детали, руб.;  $3_{co}$  – затраты на материалы и запасные части, являющиеся сопряженными деталями, руб.;  $N_x, N_c$  – годовые объемы производства по восстановлению деталей на комплексном участке и специализированном, год<sup>-1</sup>;  $s$  – показатель степени,

значение которого зависит от особенностей технологического процесса восстановления детали;  $\Phi_{до}$  – действительный фонд времени работы оборудования, ч/год;  $t_{max}$ ,  $t_{min}$  – длительность наиболее и наименее трудоемкой операции технологического процесса восстановления детали, ч;  $A_c$  – списочное количество машин (агрегатов), эксплуатирующихся в данном районе;  $L_c$  – средняя годовая наработка машины (агрегата), ч/год;  $k_p$  – среднее значение суммарного коэффициента восстановления по маршрутам, определяемым повреждениями или их сочетаниями, при которых деталь подлежит индустриальному восстановлению;  $m$  – количество деталей данного наименования в одной машине (агрегате);  $S_a$  – средний межремонтный срок службы агрегата, составной частью которого является рассматриваемая деталь, ч;  $k_c$  – среднее значение коэффициента годности данной детали;  $L_n$  – годовая наработка машины (агрегата), для которой (-го) установлены нормативы расхода запасных частей в эксплуатации, ч;  $k_s$  – средняя годовая норма расхода данных деталей в эксплуатации на одну машину при ее годовой наработке  $L_n$ ;  $Z_c$  – затраты на восстановление детали на специализированном участке, руб.;  $\beta = T_n / T_c$  – коэффициент, учитывающий возможное неравенство средних сроков службы до предельного состояния или отказа новой детали  $T_n$  и восстановленной на специализированном участке;  $k_d$  – коэффициент дисконта;  $K_{yn}$  – удельные капитальные вложения на создание производства по изготовлению данной детали;  $K_{yn}$  – удельные капитальные вложения на создание участка индустриального восстановления данной детали;  $Z_n$  – затраты на изготовление новой детали, руб.;  $Z_o$  – остаточная стоимость изношенной или поврежденной детали, руб.

Выражение (8.2) позволяет определять допустимое расстояние перевозки деталей на специализированное предприятие, при котором экономический эффект превышает дополнительные затраты на создание этого производства, оборотного фонда деталей и их транспортирование. Источники экономического эффекта заключены в применении более совершенных технологических процессов и организации, что приводит к снижению себестоимости восстановления и повышению долговечности деталей.

Условие (8.3) и (8.4) показывают, что организация индустриального восстановления деталей целесообразна только в том случае, если масштабы работ в рассматриваемом регионе достаточны для создания крупносерийного или массового производства.

Неравенства (8.5) и (8.6) устанавливают тот факт, что организация индустриального восстановления деталей оправдана при условии, если за-



затраты на использование восстановленной детали не будут превышать затрат, связанных с изготовлением и эксплуатацией новой детали.

Увеличение объемов восстановления расширяет рациональную область охвата потребителей. Это приводит к повышению качества восстановления деталей по сравнению с уровнем качества, достигнутым на комплексных участках восстановления деталей.

Объемы восстановления деталей тем выше, чем больше машин в регионе и их годовая наработка. Значительные объемы восстановления легче обеспечить для многочисленных недолговечных деталей, характеризующихся большими значениями  $m$ ,  $k_z$ ,  $k_p$  и незначительными  $k_z$  и  $S_a$ . Увеличение массы восстанавливаемых деталей снижает величину целесообразного расстояния их перевозки. Особенно резкое снижение этого расстояния наблюдается для деталей большой массы, себестоимость восстановления которых небольшая.

Большие эксплуатационные затраты, вызванные малой долговечностью деталей, восстановленных на комплексном участке восстановления деталей, допускают увеличение расстояния перевозки деталей на их индустриальное восстановление.

Влияние межремонтных пробегов агрегатов, в которых находятся восстановленные детали, существенно сказывается на объемах восстановления этих деталей только при больших значениях коэффициентов их восстановления.

Индустриальному восстановлению в условиях высокой концентрации производства подлежат наиболее изношенные и поврежденные дефицитные детали распространенных моделей машин с высокой плотностью распределения их в рассматриваемом регионе. Потребность этих деталей в эксплуатации и при ремонте техники особенно велика. Наибольшая эффективность индустриального восстановления деталей достигается при создании специализированного производства по определенной номенклатуре этих деталей. Для этих деталей характерными являются значительные затраты на замену их в эксплуатации и малые себестоимость восстановления и стоимость перевозки. Особенно важно организовать качественное восстановление на специализированном производстве корпусных и основных деталей, срок службы которых до предельного состояния или отказа определяет послеремонтные ресурсы агрегатов.

Такие массовые изделия, как поршневые пальцы, толкатели, крестовины кардана и дифференциала, муфты и фланцы валов, шатуны, гильзы

цилиндров, шкворни, колесные тормозные цилиндры, и ряд других допускают экономически обоснованную перевозку их на расстояние 300...500 км. Для таких изделий может быть организовано одно индустриальное производство по их восстановлению в республике или крупном регионе.

Индустриальному восстановлению подлежат и более металлоемкие изделия. Допустимое расстояние перевозки карданных, коленчатых и распределительных валов, вилок и фланцев карданов, валов коробок передач и других деталей меньше примерно в два раза, чем в предыдущем случае. Индустриальное восстановление их целесообразно организовать в областных регионах. Ряд сборочных единиц, имеющих значительную массу (головки и блоки цилиндров, картеры коробок передач и редукторов), целесообразно восстанавливать на участках индустриального восстановления деталей только при определенном сочетании повреждений.

Наконец, некоторые детали нерационально восстанавливать централизованно, потому что даже в условиях значительной концентрации производства на специализированных предприятиях невозможно обеспечить себестоимость восстановления, которая не меньше затрат на изготовление детали. На заводе по капитальному ремонту машин следует сохранить восстановление простых деталей, имеющих низкую стоимость изготовления, но в результате изнашивания которых приходится восстанавливать значительную (более 1  $\text{дм}^2$ ) рабочую поверхность. Это – валы и оси шестерен масляных насосов, валики и оси педалей, оси блоков шестерен, штоки переключения скоростей, крышки подшипников и др.

В пределах одного ремонтного завода следует выделять участки индустриального восстановления деталей, взятых с комплексных участков ремонта отдельных агрегатов. Производительность труда на участках индустриального восстановления деталей в 1,5...1,8 раза выше, а себестоимость на 20...30 % ниже, чем на комплексных. Индустриальное восстановление деталей организуют\*, как правило, по типовым или модульным технологическим процессам.

---

\*Индустриальное восстановление ряда деталей на поточно-механизированных линиях организовано на ряде ремонтных заводов по проектам ЦОПКТБ ГосНИТИ (Рязань), НПО «Авторемонт» (Саратов), ПТИ «Сельхозтехпроект» (Минск) и самих заводов. Например, на Полоцком заводе «Проммашремонт» (бывший ордена Трудового Красного Знамени Полоцкий авторемонтный завод) действовали однопредметные линии по восстановлению блоков цилиндров двигателей ГАЗ-51, ЗМЗ-53, ЗМЗ-24 и УМЗ-451М, головок цилиндров, гильз цилиндров двигателей ЗМЗ-53, ЗМЗ-24 и УМЗ-451М, стальных и чугунных коленчатых валов, распределительных валов, шатунов двигателей ГАЗ-51, ЗМЗ-53, ЗМЗ-24 и УМЗ-451М, поршневых пальцев, клапанов и толкателей.

В производстве индустриального восстановления деталей некоторые заводы организуют также изготовление новых деталей из приобретенных поковок или отливок. Это сокращает дефицит запасных частей, сближает технические уровни машиностроительных и ремонтных предприятий и уменьшает цену ремонта. На ремонтном заводе, имеющем литейный и кузнечно-штамповочный участки, может быть налажено изготовление гильз цилиндров и ушотнительных колец под них, поршней, шатунов, коленчатых и распределительных валов, маховиков и их зубчатых венцов, шестерен масляного насоса, распределительных шестерен коленчатого и распределительного валов, втулок распределительного вала и направляющих клапанов, корпусов масляного и водяного насосов, маслоотражательных колпачков, дисков сцеплений нажимных и ведомых, рычагов сцепления и других деталей. Ремонтный завод на собственных литейных мощностях может получать отливки поршней, маховиков, нажимных дисков сцеплений, различных ДРД.

### 8.2.2. Поточно-механизированные линии

*Поточно-механизированная линия* – это система основного и вспомогательного ремонтно-технологического и подъемно-транспортного оборудования, специализированного по выполнению операций технологического процесса и расположенного в порядке его следования.

На ПМЛ разбирают и очищают машины и агрегаты, восстанавливают детали, собирают и окрашивают агрегаты и машины. Чаще ПМЛ применяют для восстановления деталей.

Поточно-механизированные линии по восстановлению деталей организуют на основе предметной специализации [80, 81]. Если ПМЛ служит для восстановления деталей одного типа (корпусные, валы, гильзы и др.), то ее создают из переналаживаемого оборудования, а если на ПМЛ восстанавливают детали одного вида (наименования), то ее оснащают переналаживаемым оборудованием. На ПМЛ наносят восстановительные покрытия (кроме электрохимических), закрепляют ДРД, выполняют механическую (давлением и резанием) и термическую обработку заготовок, очистку от технологических загрязнений и контроль. Очистку деталей ремонтного фонда от эксплуатационных загрязнений и определение их технического состояния выполняют вне ПМЛ на соответствующем участке.

Использование ПМЛ, оснащенных специализированным или специальным точным и производительным оборудованием, позволяет:

- обеспечить необходимую структуру материала наносимых покрытий и нормативные значения геометрических параметров;

- достичь высокой производительности труда;
- добиться при достаточных объемах производства снижения себестоимости продукции.

Создание ПМЛ предполагает использование новых средств и процессов для создания ремонтных заготовок, термической и механической их обработки, а также средств перемещения восстанавливаемых объектов. При этом получает развитие принцип дифференциации операций.

На ПМЛ целесообразно восстанавливать 12...15 % наименований основных деталей, оказывающих наибольшее влияние на долговечность и безопасность отремонтированных агрегатов (табл. 8.2). Трудоемкость их восстановления составляет 35...40 % от общей трудоемкости восстановления всех деталей, а масса составляет 75...85 % от массы агрегатов.

Таблица 8.2

Детали, подлежащие восстановлению на ПМЛ

Детали	Характеристика деталей		
	лимитирующие ресурс агрегата	влияющие на безопасность агрегата	массовые
Корпусные детали (блок цилиндров, картер редуктора, станина станка)	+	-	-
Головки цилиндров	+	-	-
Валы коленчатые и распределительные	+	-	-
Валы трансмиссионные	+	-	-
Гильзы цилиндров	+	-	+
Шатуны, коромысла	+	-	+
Клапаны, толкатели	+	-	+
Колеса зубчатые	+	-	+
Распылители, гильзы и плунжеры форсунок	+	-	-
Опорные катки	+	+	+
Звенья гусениц	+	+	+
Крестовины кардана	+	+	+
Шкворни, цапфы	+	+	-
Лемеха, сошники	+	-	+

### 8.2.3. Пример поточно-механизированной линии

Поточно-механизированная линия восстановления одной из основных деталей двигателя – коленчатого вала двигателя КаМАЗ-53212 – при годовой производительности 10 тыс. деталей имеет площадь 440 м<sup>2</sup>, на ней работает 18 человек. Установленная мощность оборудования составляет 143 кВт. Срок окупаемости линии равен 2,4 года.

Поточно-механизированная линия включает оборудование для определения технического состояния деталей, нанесения покрытий, механической и термической обработки заготовок, очистки, контроля и консервации деталей. На рисунке 8.1 приведена планировка ПМЛ, на которой выполняются следующие операции:

- трехкратное выявление усталостных трещин;
- правку детали перед предварительной обработкой резанием, после наплавки и после закалки;
- зенкерование центровых отверстий;
- растачивание отверстия под подшипник для установки ДРД;
- запрессовывание ДРД;
- черновое растачивание отверстия в ДРД и снятие фаски;
- установку графитовых стержней в масляные каналы;
- наплавку коренных и шатунных шеек, фланца, шпоночных пазов, шеек под сальник, шкив и шестерню;
- нормализацию;
- точение шеек под шкив и шестерню, фланца (с подрезкой торца) и канавок;
- черновое шлифование коренных и шатунных шеек и шейки под сальник;
- шлифование шеек под шкив и шестерню, фланца и торцов шеек;
- фрезерование пазов под шкив и шестерню, калибрование резьбы;
- накатывание рифления на поверхности шейки под сальник;
- чистовое шлифование шейки под сальник;
- сверление заглавленных каналов и зенкерование фасок;
- закалку коренных и шатунных шеек;
- чистовое шлифование коренных и шатунных шеек;
- чистовое растачивание отверстий под подшипник и фаску;
- ввертывание пробок в масляные каналы;
- динамическую балансировку вала;
- суперфиниширование коренных и шатунных шеек;
- полирование коренных и шатунных шеек;
- очистку от технологических загрязнений;
- контроль и консервацию.

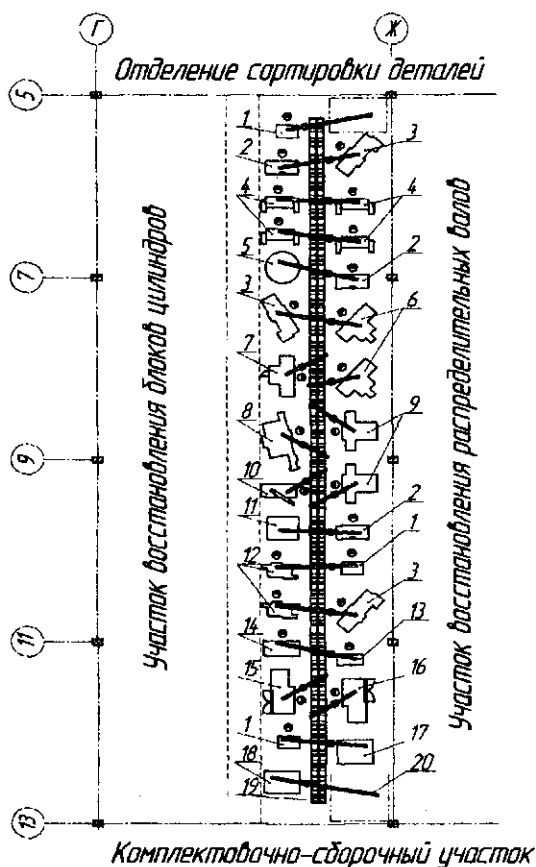


Рис. 8.1. Схема планировки

участка восстановления коленчатых валов двигателей КамАЗ-53212:

- 1 – магнитный дефектоскоп МД-50П; 2 – пресс гидравлический П-6326;
- 3 – станок токарно-винторезный 16К20; 4 – станок наплавочный У-653М;
- 5 – печь электрическая шахтная СПО-10.10/10М1;
- 6 – станок круглошлифовальный ЗМ152; 7 – станок круглошлифовальный ЗВ423;
- 8 – полуавтомат торцешлифовальный 3342А; 9 – станок горизонтально-фрезерный 6Р83Г; 10 – станок радиально-сверлильный 2К52; 11 – стенд для закалки ТВЧ шеек (обслуживается высокочастотным генератором ВЧГ-100/0,66 УЧ);
- 12 – полуавтомат круглошлифовальный ХШ2-12Н; 13 – стенд сборочный 70-7362-1518;
- 14 – станок балансировочный МС-9716; 15 – полуавтомат суперфинишный 3875К;
- 16 – полуавтомат полировальный 3835К; 17 – установка для очистки ОМ-3600;
- 18 – ванна для консервации 04.04.084. 00.000; 19 – конвейер роликовый 12398; 20 – склиз

## 8.3. ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА В ПРОСТРАНСТВЕ

### 8.3.1. Заполнение объема здания

Производственное здание заполняют оборудованием, предметами труда и цеховыми коммуникациями в трех уровнях его пространства: технологическом потолке, на уровне пола и в технологическом подвале.

Объем *технологического потолка*, в свою очередь, можно разделить на две части по высоте здания: от кровли до подкрановых путей и от этих путей до высоты над уровнем пола 2,0...2,5 м. Объем выше подкрановых путей занимают воздушные, водяные, паровые и кабельные коммуникации. В некоторых производствах здесь размещают вентиляторы и силовые трансформаторы. На меньшей высоте размещают антресоли под вентиляционные камеры, гардеробы и комнаты отдыха. В этой части объема технологического потолка перспективно размещение предборочных складов агрегатов (в машиностроении такая организация накопления и хранения изделий на подвесных конвейерах с автоматическим адресованием груза применяется более двадцати лет). Здесь действуют грузоподъемные средства.

На технологическом потолке *в зоне досягаемости рук рабочего* размещают подвесные инструменты (гайковерты, съемники и др.).

В объеме здания, *непосредственно примыкающем к полу*, размещают технологическое оборудование и организуют основное перемещение обрабатываемых изделий. Наибольший объем технологической и организационной подготовки приходится на оптимизацию решений в этой части производственного здания. Минимальная площадь производственных участков и минимальная транспортная работа по перемещению предмета труда и отходов будут при плотной расстановке технологического оборудования и прямолинейном (прямоточном) перемещении изделий.

Расстановка оборудования определяется содержанием технологического процесса и последовательностью технологических операций, расчетным количеством оборудования, выбранными средствами перемещения ремонтируемых изделий и нормами технологического проектирования. Технологическое оборудование участков располагают по одному из принципов: группами однотипного оборудования, в порядке следования технологических операций.

В единичном, мелко- и среднесерийном производстве оборудование располагают *группами*. Например, для обработки резанием создают группы однотипных металлорежущих станков: токарных, фрезерных, сверлильных, шлифовальных и др. Расположение таких групп станков на площади

участка определяется последовательностью выполнения технологических операций большинства типовых деталей.

В порядке следования технологических операций на участках крупносерийного и массового производства располагают последовательно оборудование в соответствии с технологическими операциями для обработки одноименных или схожих объектов. На участках индустриального восстановления деталей, например, такая группа (линия) оборудования выполняет восстановление одной детали (блока цилиндров, коленчатого вала и др.).

Производственный участок желательно разместить в одном пролете здания.

Технологический подвал занимают холостые ветви конвейеров, технологическое оборудование обслуживающего назначения (насосные станции, фильтры, баки для сбора СОЖ, масла и оборотной воды) и подпольные инженерные сети (кабели, трубопроводы, канализационные коллекторы и вентиляционные газоходы). В ряде случаев технологический подвал используют для сбора и перемещения отходов (стружки, загрязненного масла, отработавшей воды и др.). Создание канализационных коммуникаций требует строительных работ большой трудоемкости, а перенос этих коммуникаций в построенном здании почти невозможен. Так, например, разборочно-очистной участок, оснащенный развитой сетью канализационных каналов и вентиляционных воздуховодов, должен тщательно прорабатываться на стадии подготовки производства, потому что дальнейшая его реконструкция сопряжена с огромными переделками.

### **8.3.2. Расположение производственных участков в здании**

Виды и количество производственных участков предприятия устанавливают в зависимости от типа и структуры предприятия, а размещают их в производственном корпусе в технологической последовательности с учетом рекомендаций и ограничений. Наименьшие площадь производственного корпуса, транспортная работа по перемещению предмета труда и потери энергии будут обеспечены при учете следующих положений:

- перемещения изделий при их общей разборке и сборке назначают параллельно и навстречу друг другу;

- разборочно-очистной участок имеет один канал входа ремонтируемых изделий и несколько каналов их выхода, сборочный участок, наоборот, имеет несколько каналов входа и один канал выхода, а участки восстановления деталей – по одному каналу входа и по одному каналу выхода;



- базовая корпусная деталь или сборочная единица ремонтируемого агрегата выходит с разборочно-очистного участка последней, а поступает на сборочный участок первой;

- участки восстановления деталей располагают между каналами выхода соответствующих деталей с разборочно-очистного участка и входа участка сборки, а перемещения деталей назначают перпендикулярно перемещению собираемых и разбираемых агрегатов;

- длины участков восстановления деталей должны быть равными расстоянию между сортировочно-накопительными и комплектовочно-сборочными рабочими местами или нечетно кратны этим расстояниям. Последнее требование относится к участкам восстановления деталей с большим числом рабочих мест (например, блоков цилиндров, коленчатых валов).

- обслуживающие участки располагают на минимальном расстоянии от обслуживаемых участков (склад ремонтного фонда – разборка; растворный пункт – очистка; приготовление СОЖ, затачивание инструмента – механическая обработка заготовок; фильтрация масла, подогрев воды – обкатка; приготовление лакокрасочных материалов – окрашивание и др.).

Перечисленным принципам удовлетворяют компоновка здания, в котором пролеты с участками разборки и сборки агрегатов и машин расположены параллельно друг другу, но перпендикулярно остальным пролетам здания. При этом исключается пересечение потоков движущихся предметов ремонта.

• Схема расположения производственных участков в производственном здании агрегаторемонтного завода показана на рисунке 8.2.

Стрелками показаны основные перемещения ремонтируемых изделий. Склады ремонтного фонда и товарной продукции примыкают соответственно к разборочно-очистному и обкаточно-испытательному участкам.

Производственные участки стремятся расположить в одном здании. Если на участках имеет место избыточное тепловыделение или излучение, высокий уровень шума, выделение или применение вредных или взрыво- и пожароопасных веществ, то такие участки выделяют стенами или перегородками с возможностью выхода рабочих на улицу. Выделяют участки: кузнечный, сварочный, термический, гальванический, медницкий, переработки полимеров и резины, ремонта аккумуляторных батарей, обкатки и испытания двигателей, приготовления краски, окрашивания, деревообрабатывающий, зарядки электрокаров и электропогрузчиков, склады сгораемых материалов и несгораемых материалов в сгораемой упаковке, склады баллонов. В одном помещении можно размещать участки кузнечный, термический, сварочный и медницкий.



Рис. 8.2. Схема расположения производственных участков в производственном корпусе агрегатно-ремонтного завода

Пожароопасные производственные участки располагают вдоль наветренной (по розе ветров) стороны здания, а «горячие» участки (кузнечный, термический и др.) – вдоль его подветренной стороны.

На комплектовочном участке, в инструментально-раздаточной кладовой и складе деталей, ожидающих восстановления хранят значительные материальные ценности. Эти участки выделяют кирпичными или стальными перегородками на высоту не менее 3 м с потолками.

#### 8.4. ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА ВО ВРЕМЕНИ

Устойчиво сформировались принципы организации производства во времени: дифференциация или концентрация операций; равенство производственных мощностей производства и его частей; непрерывность, ритмичность и гибкость.

Принцип *дифференциации* предполагает разделение производственного процесса на отдельные технологические процессы, операции, переходы, приемы, движения. Чем на большее число частей разделен технологический процесс, тем меньше требования к квалификации рабочих, зато выше производительность труда и более высокие требования к организации производства.

*Концентрация* операций и *интеграция* производства – принципы, обратные дифференциации. Технологические операции такого вида становятся многопереходными и многояструментальными и реализуются на оборудовании с ЧПУ. Квалификация рабочих высокая, но организация работ простая.

Важным элементом организации производства является уравнивание производственной мощности предприятия его элементам.

*Непрерывность* производства обеспечивают за счет исключения или сокращения перерывов в его процессах.

*Гибкость* производства – это его способность за короткое время и при минимальных затратах на одном и том же оборудовании, не прерывая производственного процесса, переходить на ремонт машин нового вида. Создание гибкого производства в настоящее время актуально для ремонтных заводов по причине выпуска продукции различных видов малыми объемами.

Количественная оценка гибкости производства  $G$  оценивается произведением степени гибкости  $g_1$  и степени переналаживаемости  $g_2$ :

$$G = g_1 g_2; \quad (8.7)$$

$$g_1 = (1 - 1/n); \quad g_2 = \left( 1 - \frac{\sum_{j=1}^f \sum_{i=1}^s t_{ij}}{T_{\text{нп}}} \right),$$

где  $n$  – число функций оборудования;  $t_{ij}$  – время перехода оборудования из одного функционального состояния  $i$  во второе  $j$ ;  $i = (1, \dots, f)$ ;  $j = (1, \dots, s)$ ;  $T_{\text{нп}}$  – время на переналадку оборудования, принятое в качестве базы для сравнения.

## 8.5. ПОДГОТОВКА ПОТОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Поточное производство впервые внедрено на автомобильном заводе Г. Форда (США) в 1913 году. Поточное производство представляет собой высшую форму организации, к которой стремится любое предприятие. Это производство многие годы развивалось за счет глубокой дифференциации технологических операций. Элементы его имеются на каждом предприятии.

*Поточное производство* – это система технологического и транспортного оборудования, обеспечивающая выполнение операций технологического процесса в заданной последовательности с перемещением предмета труда между позициями. Изделия передают с позиции на позицию конвейером, транспортером или вручную с остановками или без них. Например, на окрасочных участках это перемещение, как правило, непрерывное, а в остальных случаях – прерывное.

При организации поточного производства определяют трудоемкость работ на его рабочих местах и распределяют по ним рабочих.

Отрезок времени, спустя который выходит продукция с поточного производства, называют *тактом*. Такт поточного производства  $\tau$  исходя из необходимой производительности предприятия равен

$$\tau = \frac{60\Phi_{до}}{N}, \text{ мин}, \quad (8.8)$$

где  $\Phi_{до}$  – действительный годовой фонд времени поточной линии, ч/год;  $N$  – годовой объем выпуска изделий, год<sup>-1</sup>.

Число позиций (рабочих мест) поточного производства

$$n_n = k_p \frac{60T_u}{n_{cp}(\tau - t_n)}, \quad (8.9)$$

где  $k_p$  – коэффициент, учитывающий количество резервных позиций ( $k_p = 1,05 \dots 1,15$ );  $T_u$  – шпунговое время, отнесенное к одному изделию, чел.-ч;  $n_{cp}$  – средняя численность рабочих на позиции;  $t_n$  – время транспортного перемещения изделия между позициями, мин.

Время  $t_n$  определяют по формуле:

$$t_n = \frac{l_M + a}{v_{mp}}, \text{ мин}, \quad (8.10)$$

где  $l_M$  – длина изделия в направлении транспортного перемещения, м;  $a$  – расстояние между изделиями на конвейере, м;  $v_{mp}$  – скорость транспортного перемещения конвейера, м/мин. Скорость транспортного перемещения агрегатов принимают 15...20 м/мин, а машин – 7...10 м/мин.

Скорость технологического перемещения конвейера  $v_{\text{мх}}$  в производстве с непрерывным перемещением объектов равна

$$v_{\text{мх}} = \frac{l_M + a}{\tau}, \text{ м/мин.} \quad (8.11)$$

При расчете числа позиций в поточном производстве с непрерывным перемещением изделий из формулы (8.9) исключают время  $t_n$ .

Работы закрепляют за технологическими позициями и определяют их расчетные такты  $\tau_n$

$$\tau_n = \frac{t_{\text{шк}}}{n_{\text{рп}}}, \text{ мин,} \quad (8.12)$$

где  $n_{\text{рп}}$  – численность рабочих на технологической позиции.

Поточная линия идеально организована в том случае, если фактический такт каждой позиции  $\tau_n$  равен такту линии  $\tau_n$ . Допускается отклонение их друг от друга не более чем на 5 %. Равенства тактов или приближение к нему при синхронизация поточной линии достигают перераспределением работ между смежными позициями, изменением числа позиций или изменением численности рабочих на позициях.

Эффективность синхронизации оценивается коэффициентом использования рабочего времени на поточной линии  $\eta$ :

$$\eta = \frac{60T_n}{n_{\text{сб}}\tau}, \quad (8.13)$$

где  $n_{\text{сб}}$  – численность рабочих.

Чем ближе значение  $\eta$  к единице, тем лучше организован процесс.

Длина поточной линии  $l_n$  (рис. 8.3) равна

$$L_n = n_n(l_M + a) + l_1 + l_2, \quad (8.14)$$

где  $l_1$  и  $l_2$  – расстояния от границ крайних рабочих мест до начала и конца конвейера.

*Область эффективного применения поточных линий для разборки и сборки агрегатов в производстве с прерывным перемещением объектов обусловлена таким производством менее 10 мин, а для машин – 90 мин.*

Эффективность поточной линии обусловлена следующими факторами. Рабочие специализируются на выполнении отдельных операций, при этом лучше используется их квалификация, уменьшается время выполнения каждой операции, процесс при этом становится дешевле, а качество продукции повышается. Оснащение участка увеличивает его производительность и качество изделий, а выпуск продукции становится более ритмичным. На участ-

ках крупносерийного и массового производства с поточной организацией труда отпадает необходимость в промежуточных складах, сокращается длительность производственного цикла, исключаются затраты на перегрузочные работы. Однако задержка выполнения работ даже на одной технологической позиции из-за плохого обеспечения производственными ресурсами, неисправности оборудования или недостаточной сноровки исполнителя приводит к остановке всей поточной линии. Для исключения влияния неудовлетворительной организации производства на само производство между некоторыми позициями создают промежуточные накопители изделий.

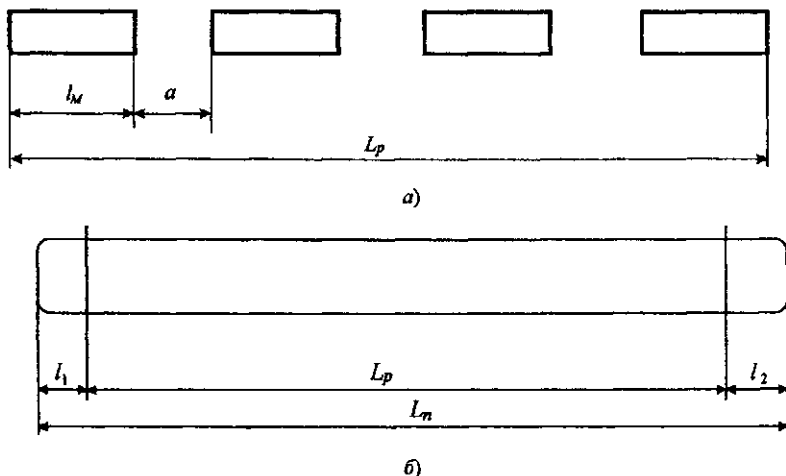


Рис. 8.3. Схема определения общей длины поточной линии:  
 а – расположение позиций в линии; б – участки линии, определяющие ее длину

Выше приведены однономенклатурные поточные линии для обработки одной детали или сборки изделий одного типоразмера. Стремление к использованию преимуществ поточной организации труда в серийном производстве привело к созданию многономенклатурных поточных линий. В основе создания их лежит конструктивная унификация и технологическая общность изделий, допускающая разработку для них типовых технологических процессов механической обработки. Различают два вида многономенклатурных линий – переналаживаемые переменнo-поточные и непереналаживаемые групповые.

Поточная организация производства обеспечивает наивысшую производительность труда, не требует высококвалифицированных рабочих и снижает себестоимость ремонта машин.

# РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ РЕМОТНОГО ПРОИЗВОДСТВА И ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Ремонтное производство по своей сути является ресурсосберегающим [27], однако его резервы далеко не исчерпаны. Проблема сбережения производственных ресурсов при ремонте машин непрерывно находится в поле зрения исследователей. Обеспечение минимального расхода ресурсов составляет одну из функций организации ремонтного производства. Экономия финансовых средств, материалов, энергии и труда заключается в первую очередь в бережном отношении к ремонтному фонду машин – к полному использованию остаточного ресурса их деталей. Большое значение имеют мероприятия, связанные с нормированием ресурсов, анализом и контролем расходной части баланса материалов и энергии, совершенствованием организации и технологии производства. Важно обеспечить и экологическую безопасность ремонта.

### 9.1. АНАЛИЗ РАСХОДА ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ РЕСУРСОВ

#### 9.1.1. Определение и виды производственных ресурсов

Соотношение составляющих себестоимости ремонта машин с течением времени непрерывно изменяется.

В настоящее время наибольшая часть этой себестоимости приходится на полуфабрикаты и материалы (15...20 %) и запасные части (20...30 %). Доля затрат на тепловую и электрическую энергию составляет 10...20 %, а на заработную плату – 6...15 %. Увеличилась доля себестоимости, связанная с приобретением запасных частей и материалов, и сократилась доля заработной платы.

Каждая составляющая себестоимости связана с расходом соответствующих видов производственных ресурсов.

*Производственные ресурсы* (в экономике – оборотные средства) – это материалы, полуфабрикаты, запасные части, исходные заготовки ремонта, энергоносители и рабочее время исполнителей, необходимые для текущего обеспечения производства.

На ремонт, например, одного автомобильного двигателя с рабочим объемом 4,25 л расходуют 60...140 кВт·ч электроэнергии, 420...2000 МДж тепловой энергии и 25...70 чел.-ч трудозатрат.

*Материальные ресурсы* – это несколько сотен наименований материалов, полуфабрикатов, исходных заготовок и запасных частей. В этот перечень входят:

- металлопрокат круглого и шестигранного сечений;
- листовой прокат;
- лабомиды и едкий натр для очистки изделий;
- порошки для напыления, наплавочные проволоки и шнуры;
- хромовый ангидрид и серная кислота для хромирования;
- соляная кислота для пайки и железнения;
- бензин и масло для обкатки агрегатов;
- технологические (горючие, инертные и окислительные) газы;
- СОЖ, пасты, смазки, пластмассы, клеи, прокладочные, пропиточные, лакокрасочные и противокоррозионные материалы;
- производственная вода;
- запасные части, детали ремонтного фонда и многие другие.

*Энергетические ресурсы* включают электрическую энергию, энергоносители (пар, горячую воду, хладоносители), сжатый воздух – носитель потенциальной энергии давления и топливо (твердое, жидкое и газообразное).

Сведения о расходе тепловой и электрической энергии различным технологическим оборудованием на Полоцком заводе «Проммашремонт» приведены в таблицах 9.1 и 9.2.

Тепловую энергию расходуют для отопления и горячего водоснабжения административных и производственных зданий и на технологические нужды в целях нагрева сред, материалов и изделий. Часть энергии теряется тепловыми сетями.

Более двух третей (около 70 %) тепловой энергии на технологические нужды завода расходуется на очистку сборочных единиц и деталей от эксплуатационных и технологических загрязнений. Факт объясняется тем, что ранее не уделялось достаточного внимания расходу дешевых нефтяных отходов, которые использовались в качестве топлива. До 60 % массы загрязнений отделяется от поверхности деталей во время их выдержки в остывающем и неподвижном растворе в межсменное время, что необходимо использовать с целью экономии тепловой энергии. Второе место занимает доля тепловой энергии на нагрев электролита в гальванических ваннах (11 %) и третье место – доля энергии на расконсервацию запасных частей и консервацию товарных деталей и сборочных единиц.



Таблица 9.1

Расход тепловой энергии на технологические нужды  
при объемах ремонта 16 тыс. двигателей ЗМЗ-53 в год

Оборудование, использующее тепло		Расход пара, кг/ч	
Наименование	Количество	На единицу оборудования	На вид оборудования
Установка для приготовления очистных растворов	1	27	27
Погружная роторная машина	1	300	300
Погружная роторная машина	2	150	300
Погружная роторная машина	2	30	60
Погружная проходная машина	1	140	140
Погружная барабанная машина	4	80	320
Струйная машина для общей очистки деталей	1	450	450
Струйная машина для общей очистки деталей	1	250	250
Ванна для расконсервации деталей	1	208	208
Установка для лужения поршней	1	14	14
Струйная машина для очистки от технологических загрязнений	6	130	780
Погружная машина для очистки от технологических загрязнений	3	40	120
Установка для определения течей в блоке цилиндров	1	7	7
Установка для очистки масла	1	62	62
Установка для выплавки моделей	1	300	300
Стенд для очистки наплавочной проволоки	2	20	40
Установка для приготовления СОЖ	1	16	16
Установка для консервации деталей	2	50	100
Ванна гальваническая	10	33	330
Камера сушки деталей	1	100	100

Таблица 9.2

Расход электрической энергии на технологические нужды  
при объемах ремонта 16 тыс. двигателей ЗМЗ-53 в год

Технологические процессы	Расход энергии недельный, кВт·ч
Перемещение	3000
Литье металла	4200
Термическая высокочастотная обработка	4090
Термическая обработка в шахтных и камерных печах	8000
Переработка резины и пластмасс	3050
Нанесение электрохимических покрытий	5600
Нанесение наплавочных и газотермических покрытий и закрепление ДРД	5500
Механическая обработка	9760
Обкатка агрегатов	4000

Расходная часть баланса электрической энергии на производственные нужды обусловлена потреблением ее отдельными приемниками. Около половины общего расхода электрической энергии приходится на терморadiационный и индукционный нагрев металла при его термической обработке и плавлении, а также на механическую обработку заготовок. Более 20 % электрической энергии расходуют на процессы нанесения покрытий. Около 8 % электрической энергии тратится на обкатку агрегатов. Технологическая подготовка этих процессов должна быть направлена на замену неэффективных машинных высокочастотных генераторов тиристорными преобразователями частоты, совершенствование шахтных и камерных печей и графиков их работы, корректировку электролитов и режимов нанесения электрохимических покрытий.

*Трудовые ресурсы* – это рабочее время работников.

### 9.1.2. Нормирование и учет производственных ресурсов

Нормирование производственных ресурсов, учет и анализ их потребления служат предпосылкой эффективности ремонтного производства.

*Техническое нормирование* – это установление технически обоснованных норм расхода производственных ресурсов.

*Норма расхода* производственных ресурсов – это необходимое их количество для ремонта единицы продукции в определенных производственных условиях, установленное расчетным или экспериментальным путем.

Норма расхода производственных ресурсов состоит из основной и дополнительной частей. Основная часть нормы включает научно обоснованное количество ресурсов, которое должно быть затрачено на выполнение технологического процесса с учетом объективных законов сохранения материи и преобразования энергии. Дополнительная часть нормы учитывает несовершенство процесса, оборудования и организации производства, а также прямые потери ресурса.

На предприятии создают комиссии и творческие коллективы, деятельность которых направляют на подробный анализ действующих норм, минимизацию их дополнительной части и разработку соответствующих мер технологического и организационного характера.

Затраты, связанные с выявлением и использованием этой части ресурсов, в 3...6 раз меньше затрат на приобретение такого количества ресурсов.

Экономический эффект от внедрения ресурсосберегающих мероприятий включает прямые и косвенные (исключение штрафов и налогов) составляющие.

Количество расходуемых ресурсов измеряют и учитывают. Например, расход газов, холодной и горячей воды и электрической энергии измеряют с помощью счетчиков. Приборы учета ресурсов фиксируют расход материалов или энергии, потребляемых цеховыми участками и энергоемким оборудованием.

Количественным показателем использования материалов является коэффициент, равный отношению массы изделия к массе заготовки.

В зависимости от серийности производства и опыта нормирования ресурсов применяют нормы, установленные методом сравнения, и технически обоснованные.

Нормы, установленные методом *сравнения* (опытно-статистические), назначают по аналогии с уже существующими нормами на одноименные ресурсы. Метод применяют в единичном и мелкосерийном производстве, он основан на применении статистических данных и личном опыте разработчика. Применение метода крайне ограничено, потому что результаты, полученные с его помощью, не могут служить стимулом повышения эффективности производства.

*Технически обоснованные* нормы времени устанавливают аналитическим методом. Он предусматривает, например, применительно к нормам времени: деление операции на элементы (переходы, приемы); рассмотрение возможности исключения рассматриваемого элемента; анализ факторов, влияющих на продолжительность элемента; улучшение структуры операции; расчет нормы времени по элементам операции; разработку мероприятий, обеспечивающих возможность внедрить установленную норму. Метод является основным в крупносерийном производстве.

Применительно к нормам времени аналитический метод включает аналитически-исследовательский и аналитически-расчетный методы.

*Аналитически-исследовательский* метод предусматривает установление норм времени путем непосредственных наблюдений за операцией на рабочем месте или в технологических лабораториях с помощью фотографии рабочего времени и хронометража. При этом тщательно анализируют организацию рабочего места и проверяют технологические режимы. Область применения метода – нормирование ручных или машинно-ручных работ (слесарных, разборочных и др.). Метод довольно трудоемок.

*Фотография рабочего времени* заключается в непосредственном его измерении на рабочем месте в течение нескольких рабочих смен, одной смены или некоторой ее части. Фотография рабочего времени служит для

накопления материала для разработки нормативов на подготовительно-заключительное время, время обслуживания рабочего времени, регламентированных перерывов, отдыха и личных потребностей, выявления потерь рабочего времени и их причин для целей предупреждения.

*Хронометраж* применяют для измерения рабочего времени при выполнении операций или ее элементов. Хронометраж необходим для подготовки материалов на стадии разработки новых и изменения действующих норм времени. С помощью хронометража накапливают материал для разработки нормативов машинно-ручного и вспомогательного времени в условиях массового и крупносерийного производства, изучают методы выполнения комплексных приемов для выявления их лучших сочетаний и распространения передового опыта.

*Аналитически-расчетный* метод предусматривает расчет нормы времени на основе использования заранее разработанных его нормативов. Метод применяют при нормировании станочных работ с учетом заранее составленных в технологических лабораториях нормативных данных по режимам обработки и хронометражным исследованиям типового основного, вспомогательного и подготовительно-заключительного времени.

Опытно-статистические нормы времени менее точны по сравнению с технически обоснованными нормами времени, потому что устанавливаются укрупнено без разложения рабочего времени на составные элементы и базируются на заранее достигнутом уровне производительности труда.

В нормах расхода ресурсов должны быть использованы их прогрессивные значения, которые выше уровня средних показателей, фактически достигнутых предприятием, но ниже максимальных, достигнутых передовыми рабочими. Такие нормы стимулируют коллектив на полное использование резервов производства и способствуют лучшей его организации.

## **9.2. МЕРОПРИЯТИЯ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИЕ УМЕНЬШЕНИЕ ПОТРЕБЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ РЕСУРСОВ**

Экономия живого и овеществленного труда в процессе ремонта изделий достигается сбережением материалов и энергии. Основной путь такой экономии в ремонтном производстве – полное использование остаточного ресурса деталей за счет дифференцированного применения восстановительных операций и оборудования к конкретным деталям и устраняемым повреждениям [49; 50].

Высокая стоимость капитального ремонта агрегатов частично объясняется применением дорогих запасных частей, затраты на приобретение которых достигают 50 % себестоимости продукции. Остаточный ресурс деталей – случайная величина. Исследование возможности более полного использования остаточной долговечности деталей ремонтного фонда приобретает в настоящее время все большую актуальность.

С развитием технологии ремонта машин расширяется номенклатура восстанавливаемых деталей и устраняемых повреждений. Рост количества способов восстановления деталей и необходимых средств ремонта увеличивает объем восстановления деталей, даже 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 позволит устранять трудоемкие повреждения с меньшими затратами, например, трещины, проходящие через нагруженные элементы деталей.

#### **9.2.1. Углубленное определение состояния деталей и сборочных единиц ремонтного фонда**

Исследовалась возможность расширения номенклатуры повторно применяемых деталей за счет отбора из ремонтного фонда тех деталей, значения параметров которых находятся в пределах установленных допусков.

Годная деталь ремонтного фонда обходится производству в 3...5 % от цены новой детали завода-изготовителя, восстановленная – в 10...30 %, а приобретенная – в 110...200 %.

Были обследованы детали и сборочные единицы ремонтного фонда автомобильных двигателей ЗМЗ-53: поршни, поршневые пальцы, вкладыши коренных и шатунных шеек коленчатого вала и втулки распределительного вала [41; 42].

Для осмотра и измерения были представлены 1000 поршней, 700 поршневых пальцев, 1200 шатунных вкладышей коленчатого вала и 300 втулок распределительного вала, что в несколько раз превышало минимальное количество изделий в группе, необходимое для обеспечения точности результатов, соизмеримых с погрешностью применяемых средств измерений.

Нормативные значения измеряемых параметров и средства для их измерений приведены в таблице 9.3. Измерения производились с помощью приспособлений и мерительного инструмента на постах определения технического состояния соответствующих деталей. Диаметры отверстий во

втулках распределительного вала измерялись в запрессованном положении в блоке цилиндров.

Таблица 9.3

Наименование деталей,  
нормативные значения измеряемых параметров и средства измерений

Детали	Контролируемые параметры		Средства измерений
	Наименования	Значения	
Поршень 53-1004015	Диаметр юбки Конусообразность юбки	$D^{+0,048}_{-0,012}$ *) 0,04	Приспособление индикаторное 1ПП4-012А, Индикатор ИЧ 10 кл. 1 ГОСТ 577-68
	Ширина канавки под верхнее компрессионное кольцо	$2,5^{+0,07}_{-0,02}$	Калибр 1К4-118
	Диаметр отверстия под поршневой палец	$25^{+0,01}$	Нутромер 18-50 ГОСТ 9244-75
Палец поршневой 21-1004020	Диаметр рабочей поверхности	$25_{-0,01}$	Микрометр МР 25 ГОСТ 4381-87
Вкладыши коленчатого вала	Толщина	$t^{-0,013}_{-0,025}$ **)	Индикаторное приспособление 1ПП4-234 Индикаторное приспособление 1ПП4-114
	Величина выступания стыка из эталонной постели		
Втулка распределительного вала	Диаметр отверстия	$d^{+0,050}_{+0,025}$ ***)	Нутромер

\*)  $D = 92,0; 92,5; 93; 93,5$  мм;  
 \*\*)  $t = 1,750; 1,775; 1,870; 2,000; 2,125; 2,250; 2,375; 2,500; 2,625; 2,750; 2,875; 3,000$  мм;  
 \*\*\*)  $d = 50,00; 50,25; 50,50; 50,75; 51,00$  мм.

Средние значения доли годных деталей и стандартные ошибки определения этих значений следующие (рис. 9.1): поршней –  $0,165 \pm 0,021$ ; поршневых пальцев –  $0,171 \pm 0,032$ ; шатунных вкладышей коленчатого вала –  $0,258 \pm 0,053$ ; втулок распределительного вала  $0,190 \pm 0,041$ . Следует добавить, что доля годных накладок ведомых дисков сцепления составляет 25...30 %.

Оснащение постов определения технического состояния деталей необходимыми средствами и организация дополнительных слесарных работ, обеспечивают выявление множества деталей с размерами, формой поверх-

ностей и их взаимным расположением, удовлетворяющими требованиям к товарной продукции, что в конечном итоге приводит к сокращению затрат на ремонт техники.

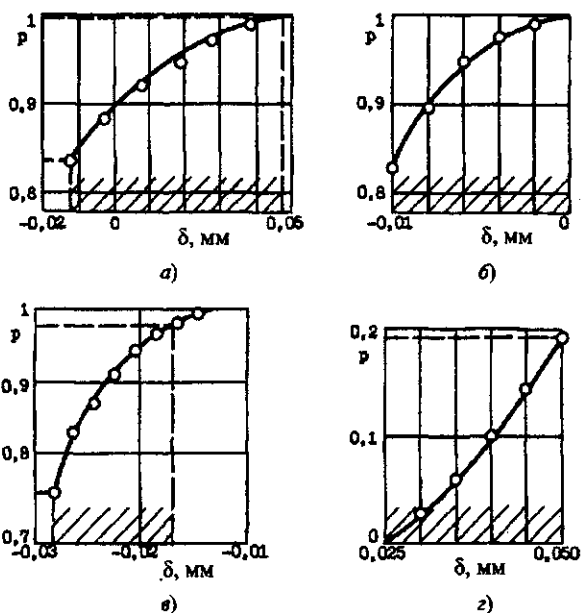


Рис. 9.1. Интегральные распределения  $p$  отклонений  $\delta$  от номинальных (ремонтных) размеров деталей ремонтного фонда:  
 а – поршни (диаметра юбки); б – поршневых пальцев (диаметра рабочей поверхности);  
 в – вкладышей (толщины); з – втулок распределительного вала (диаметра отверстий)

Наличие множества деталей с допустимыми износами объясняется меньшей наработкой отремонтированных агрегатов по сравнению с новыми, неодинаковой износостойкостью поверхностей деталей, разными условиями эксплуатации и присутствием деталей, установленных на агрегат перед сдачей его в капитальный ремонт.

Проводилась технико-экономическая оценка целесообразности указанных работ (табл. 9.4). С одной стороны, учитывались затраты  $Z'$  в базовых величинах на создание рабочих мест по сортировке деталей ранее рассмотренного их множества и организацию соответствующих работ. Доля годных деталей, выявленных в процессе определения повреждений, уста-

навливалась с учетом проведенных ранее исследований. С другой стороны, рассчитывались затраты  $Z''$  на приобретение запасных частей в количестве, равном числу годных деталей, обнаруженных в ремонтном фонде деталей.

Таблица 9.4

Значения затрат на внедрение процесса сортировки деталей, на приобретение запасных частей и значения полученного экономического эффекта

Объемы ремонта, $N$ , тыс./год	Значения затрат и эффекта, тыс. БВ		
	затраты ( $Z'$ )	затраты ( $Z''$ )	эффект ( $Z$ )
0	5,5	0	- 5,5
0,6	10,6	6,7	- 3,9
1,0	12,7	10,7	- 2,0
1,6	15,6	17,0	1,4
2,5	19,8	26,7	6,9
4,0	25,1	42,6	17,5
6,3	28,8	67,2	38,4

Начиная с некоторого объема ремонта  $N$ , затраты  $Z'$  на сортировку деталей ремонтного фонда и ее организацию становятся меньше затрат  $Z''$  на приобретение деталей взамен выбракованных. Названные работы экономически выгодны, начиная с небольших объемов ремонта 1,0...1,6 тыс. агрегатов в год. При объемах ремонта 6,3 тыс. двигателей ЗМЗ-53 в год экономический эффект от реализации мероприятия равен 38,4 тыс. базовых величин, что обеспечивает уменьшение себестоимости ремонта двигателей на 15...20 %.

Техническое состояние некоторых сборочных единиц определяют без их разборки по критерию расхода или давления масла.

Увеличенные зазоры между осью и втулками коромысел определяют на стенде. Сборочную единицу устанавливают крайними стойками на шпильки стенда. В свободные стойки устанавливают заглушки. Масло во внутреннюю полость оси подают насосом под давлением 0,06...0,08 МПа. При допустимых износах в соединениях (22,4 % случаев) масло вытекает из-под каждой втулки каплями или прерывистой струйкой. Большой расход масла указывает на предельные зазоры в соединениях.

Показателем послеремонтного ресурса масляного насоса является давление масла, развиваемое при работе насоса. Работоспособным после



ремонта признается масляный насос, например двигателя ЗМЗ-53, который развивает давление 0,12 МПа смеси из 90 % керосина и 10 % масла М8В1 при частоте вращения вала  $4,17 \pm 0,417 \text{ с}^{-1}$  и давление 0,4...0,5 МПа при частоте  $12,08 \pm 0,417 \text{ с}^{-1}$ . Смесь вытекает из отверстия диаметром  $1,5^{+0,2}$  и длиной  $5^{+0,1}$  мм. Если при диагностировании насос развивает давление не менее верхнего предельного значения (13,3 % случаев), установленное Руководством по капитальному ремонту, то он обладает ресурсом до следующего ремонта. В таком насосе лишь проверяют и регулируют редукционный клапан.

Подопытная эксплуатация агрегатов с указанными сборочными единицами подтверждает, что последние обладают запасом долговечности до следующего ремонта.

В работах А.Н. Батищева [10; 11] рассмотрена возможность расширения допусков на размеры восстанавливаемых деталей с учетом использования упрочняющих технологий, там же приведена методика расчета численных значений допусков на посадки с зазором.

### 9.2.2. Учет технического состояния исходных заготовок при восстановлении деталей

Действующая концепция восстановления деталей предполагает, как правило, бинарный принцип определения каждого повреждения (оно есть или его нет) и однозначность технологии его устранения. При этом глубоко не учитывается состояние восстанавливаемых элементов, а технология построена на устранении повреждения с наибольшим значением его характеристики, что сопряжено с повышенным расходом труда и производственных ресурсов.

В трудах С.Ф. Щетинина, Ш.М. Билика, И.Б. Гурвича, К.Т. Кошкина, Э.С. Финкельштейна, Б.К. Буравцева, С.К. Буравцева и других ученых приведены характеристики повреждений на деталях различных классов, но принятая концепция восстановления деталей не способствует использованию этих сведений.

Дифференцированное назначение совокупности технологических операций по устранению повреждений с учетом характеристик этих повреждений даже при многовариантном восстановительном процессе обеспечивает уменьшение потребления производственных ресурсов.

Исследования проводились на примере восстановления коренных опор корпусной детали двигателя ЗМЗ-53 – блока цилиндров. Предполага-

лось, что деталь в течение всего срока службы проходит три восстановления этого элемента. Рассматривались процессы восстановления в двух вариантах (табл. 9.5).

Таблица 9.5

Сопоставление операций и затрат  
при восстановлении коренных опор блока цилиндров двигателя ЗМЗ-53  
без учета (базовый вариант) и с учетом (новый вариант) технического состояния детали

Базовый вариант		Новый вариант	
Содержание процесса	Затраты, БВ	Содержание процесса	Затраты, БВ
<b>ПЕРВОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ</b>			
Растачивание крышек со снятием припуска 0,05 мм	0,125	Шлифование стыка крышек со снятием припуска	0,254
Наплавка поверхностей крышек латуню Л63	0,224	0,10 мм	
Наплавка поверхностей коренных опор блока цилиндров проволокой АК-5	0,316	Хонингование коренных опор	0,231
Растачивание опор черновое	0,058		
Растачивание опор чистовое	0,108		
Всего затрат	0,831		0,485
<b>ВТОРОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ</b>			
Наплавка поверхностей крышек латуню Л63	0,224	Шлифование стыка крышек со снятием припуска 0,20 мм	0,254
Наплавка поверхностей коренных опор блока цилиндров проволокой АК-5	0,316	Растачивание коренных опор	0,108
Растачивание опор черновое	0,058		
Растачивание опор чистовое	0,108		
Всего затрат	0,706		0,362
<b>ТРЕТЬЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ</b>			
Наплавка поверхностей крышек латуню Л63	0,224	Точение крышек со снятием припуска 0,05 мм	0,125
Наплавка поверхностей коренных опор блока цилиндров проволокой АК-5	0,316	Наплавка поверхностей крышек латуню Л63	0,224
Растачивание опор черновое	0,058	Наплавка поверхностей коренных опор блока цилиндров проволокой АК-5	0,316
Растачивание опор чистовое	0,108	Растачивание опор черновое	0,058
		Растачивание опор чистовое	0,108
Всего затрат	0,706		0,831
Итого	2,243		1,678

Базовый вариант предусматривает трехкратное нанесение покрытия как на поверхности коренных опор в блоке цилиндров, так и на поверхности крышек. При этом перед первым нанесением покрытия на поверхности крышек, изготовленных из высокопрочного чугуна ВЧ50, предусмотрено их предварительное растачивание, чтобы при обработке покрытия исключить контакт расточного резца с твердым, отбеленным материалом основы.

Предлагаемый вариант восстановления коренных опор учитывает порядковый номер восстановления детали и полное использование в качестве припуска поверхностного слоя металла за счет механической обработки стыков крышек.

Первые два восстановления коренных опор целесообразно производить без нанесения покрытия. Стыки опор, выполненные на крышках, шлифуют с целью уменьшения до 0,3 мм диаметрального размера отверстия в направлении, перпендикулярном стыкам. Припуск на поверхности отверстия снимают хонингованием. При растачивании ось коренных опор смещают в «тело» блока цилиндров на 0,2 мм, а восстановленные блоки цилиндров комплектуют перед сборкой укороченными шатунами. Исчерпание такой возможности требует нанесения покрытия только при третьем восстановлении. Сравнение производилось по критерию технологической себестоимости воздействий: при первом восстановлении коренных опор затраты отличаются в 1,71 раза в пользу предлагаемого варианта восстановления; при втором – в 1,05 раза; при третьем восстановлении – 1,18 раза в пользу базового варианта, однако суммарные затраты по предлагаемому варианту в 1,37 раза меньше, чем по базовому. Опыт показывает, что аналогичные результаты имеют место и при восстановлении других деталей.

Очевидно, что процесс восстановления деталей, назначенный в зависимости от их технического состояния, экономически выгоден по сравнению с действующими процессами. Таким образом, при первых восстановлении деталей необходимо наиболее полно использовать поверхностный слой изношенного металла с внедрением необходимых СТО, а только затем применять нанесение покрытий.

В ряде случаев целесообразно вводить ремонтные размеры с минимальным ремонтным интервалом на те элементы деталей, на которые они не предусмотрены. Полному использованию ремонтных размеров способствуют правка длинных деталей (коленчатых и распределительных валов, осей коромысел и др.), применение адаптивных схем базирования и повышение точности обработки.

### 9.2.3. Восстановление малоресурсных деталей

Задача настоящего раздела заключалась в разработке и внедрении процессов восстановления деталей, которые согласно руководствам по капитальному ремонту техники подлежат замене новыми деталями. Ограничения руководств в этой части должны быть пересмотрены.

Были разработаны и впервые в Беларуси внедрены на Полоцком заводе «Проммашремонт» процессы и средства для восстановления наиболее сложных в технологическом отношении деталей двигателей: поршней и вкладышей коленчатого вала.

Материал поршня – алюминиевый сплав АЛ-30. Допуск на диаметр поршня  $-0,060$  мм, на диаметр отверстия под поршневой палец  $-0,010$  мм, а перпендикулярность осей отверстий ограничена погрешностью  $0,04$  мм на  $100$  мм длины. Юбка поршня имеет преднамеренную овальность  $0,458$  мм. Твердость материала  $100...130$  НВ обеспечивают в результате выдержки в течение  $4,5$  ч при температуре  $500...520$  °С, последующим охлаждением в воде, подогретой до температуры  $60...80$  °С, и старения в течение  $7$  ч при температуре  $200$  °С.

В процессе восстановления поршня устраняют такие повреждения: 1 – износ отверстий под поршневой палец; 2 – износ рабочих поверхностей под поршневое кольцо; 3 – износ юбки. Установлено, что устранимые повреждения имеют  $47...57$  % поршней ремонтного фонда. Частоты повреждений и их сочетаний приведены в таблице 9.6.

Таблица 9.6

Повреждения поршней двигателей ЗМЗ-53 и их частоты

Повреждения	Номера деталей, частоты повреждений (%)	
	53-1004015-А2 с надписью «Назад»	53-1004015-АСБ с надписью «Перед»
1	8	12
1 + 2	24	20
1 + 3	7	7
1 + 2 + 3	18	8

Содержание приведенных в литературе технологических процессов восстановления поршней следующее.

Для получения ремонтной заготовки поршня создают припуски под обработку на поверхностях юбки, отверстия под поршневой палец и на боковых стенках канавок.

Припуск на обработку юбки создают напылением, выполнением регулярного микрорельефа и за счет объемных превращений при термопластической раздаче. Плазменное покрытие из порошка алюминиевой бронзы (Al – 8,5...10 %, Fe – до 4 %, остальное – Cu) наносят с помощью установки УПУ-8. Режим нанесения: сила тока 380 А, расстояние от сопла до детали 120 мм, плазмообразующий газ – смесь аргона с азотом.

Описан способ восстановления размеров юбки, согласно которому изношенные поршни нагревают до 550...600 °С, выдерживают их в течение 25...30 мин и закаливают в кипящем водном растворе с последующей обработкой до заданных размеров.

В практике ремонта нет надлежащего технического решения по восстановлению отверстия под поршневой палец. Вероятно, наиболее целесообразно для этой цели нанесение электрохимического покрытия.

По восстановлению боковых поверхностей канавок имеется ряд решений: наплавка (в том числе плазменная); пластическое деформирование за счет радиального давления на перемычки между канавками; нанесение железозинковых покрытий в проточном электролите; установка ДРД. Нанесение покрытия может совмещаться с упрочнением боковых поверхностей.

Процесс восстановления поршней, действующий на Полоцком заводе «Промашремонт» [33; 36], включает: очистку, точение головки и канавок, создание технологических баз, изготовление, базирование и закрепление ДРД, точение верхней канавки, копирное шлифование юбки, разворачивание отверстия под поршневой палец. Здесь способ установки ДРД сочетается со способом ремонтных размеров. Дополнительные ремонтные детали применяют для выполнения канавки номинального размера под верхнее поршневое кольцо. Отверстие под поршневой палец разворачивают под ремонтный размер, а юбку шлифуют до предыдущего ремонтного (номинального) размера.

Очистка поршней от нагара эффективна в расплаве солей и щелочей или потоком стеклянных шариков. Вариант очистки поршней потоком стеклянных шариков диаметром 0,5...0,7 мм, движущихся со струей сжатого воздуха, связан с применением специальной установки. Режимы очистки: давление сжатого воздуха – 0,2 МПа, расход шариков 0,5...1,0 кг/мин, время очистки 1,5...2,0 мин.

Операции, относящиеся к восстановлению юбки поршня, следующие: выполнение базовых центровых отверстий, точение головки, шлифование юбки.

Центровые отверстия выполняют на токарно-винторезном станке 16Б16КП в два установка с закреплением поршня за головку специальными

кулачками. В первом установе, когда заготовка обращена днищем к задней бабке, центровочным сверлом выполняют в днище отверстие диаметром 3,15 и длиной 2,5 мм. Во втором установе зенкуют коническую поверхность шириной 6...8 мм на бобышках с углом при вершине 60°. Обработку ведут на ручной подаче резца при частоте вращения шпинделя 600 мин<sup>-1</sup>.

Последующие две операции выполняют с базированием поршня по выполненным поверхностям. Все диаметральные размеры головки уменьшают точением на 0,5 мм. Точение канавок ведут без снятия металла с боковых стенок первоначального профиля. Юбку поршня шлифуют на станке 3М433У, который предназначен для обработки кулачков распределительного вала. Станок модернизирован: применен абразивный круг марки ГП 600×80×305 92А 25-Н СМ1 К6 50 м/с А 1 кл. ГОСТ 2424-83 из хромистотитанистого электрокорунда высотой 80 мм, позволяющий вести врезное шлифование элемента заготовки; установлены опорно-базировочные элементы, соответствующие базам заготовки; заменены копиры завода-изготовителя на копирное устройство собственной конструкции. Конусообразность юбки достигается поворотом стола относительно направляющих шлифовальной бабки. Смазочно-охлаждающая жидкость – Ахвол 11.

Для восстановления наиболее изнашиваемой верхней канавки поршня отливают ДРД из сплава АК12ММгН. Необходимую твердость отливки 100...120 НВ и хорошую ее обрабатываемость обеспечивают рафинированием расплава и термообработкой отливки. Расплав рафинируют введением в него при температуре 740 °С таблеток промышленного производства «Дегазер» на основе гексахлорэтилена. Таблетки вводят в расплав с помощью колокольчика. Через 10...15 мин расплав готов к заливке в кокиль. Режим термообработки Т1: нагрев до температуры 200 ± 10 °С, выдержка в течение 8...12 ч и охлаждение с печью. Внутреннюю поверхность ДРД, торец и фаску обрабатывают под сварку.

Согласно патенту Республики Беларусь № 707 (рис. 9.2) перемычку между днищем поршня и канавкой под верхнее поршневое кольцо протачивают до выхода резца в пространство под канавкой. С торца днища снимают фаску под сварку.

Дополнительные ремонтные детали перемещают до упора по обработанной поверхности поршня и закрепляют кольцевым сварным швом, который заполняет пространство между совмещенными фасками поршня и ДРД. Сварку ведут на вращателе с помощью аргоно-дуговой установки УДГ-301. Сила сварочного тока 220...250 А, напряжение 14...15 В, присадочный материал – проволока Св-АК-5 диаметром 5 мм, скорость сварки

8...10 м/ч, расход аргона 8...10 л/мин, время сварки 1,5 мин. Затем подрезают днище, обрабатывают ДРД по длине, снимают фаску и точат канавку. Частота вращения шпинделя  $800 \text{ мин}^{-1}$ , СОЖ – Аквол 11. На последнем переходе снимают стружку с тела поршня и ремонтной детали. Если точат канавку поршня, юбка которого имеет допустимый износ, то деталь базируют по поверхности канавки под маслосъемное кольцо.

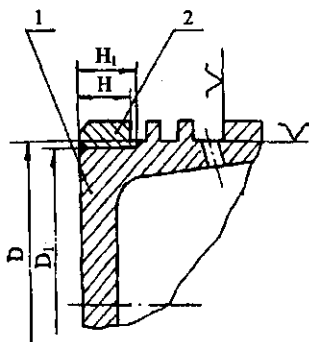


Рис. 9.2. Схема установки ДРД при восстановлении канавки поршня:

1 – восстанавливаемая деталь; 2 – ДРД;  $D$  – диаметр канавки;  $D_1$  – диаметр проточки;  $H$  – расстояние от канавки до днища;  $H_1$  – длина проточки под ДРД

Изношенное отверстие под поршневой палец разворачивают на вертикально-сверлильном станке 2Н135 под ремонтный размер 25,08 мм. Под этот же ремонтный размер разворачивают втулку шатуна и шлифуют поршневой палец, прошедший хромирование или термопластическую раздачу. При обработке отверстия в поршне применяют развертку с твердосплавными зубьями. Отверстие разворачивают на ручной подаче при частоте вращения шпинделя  $125 \text{ мин}^{-1}$ , в качестве СОЖ применяют смесь из 90 % керосина и 10 % масла индустриального И20А.

Форму и размеры юбки контролируют на индикаторном приспособлении, настроенном с помощью эталона. Высоту канавок контролируют плоскими калибрами, а диаметр отверстия под поршневой палец измеряют индикаторным нутромером.

На шлифованные поршни наносят химическим способом слой олова толщиной 5 мкм. Поршни помещают в ванну с водным раствором двухлористого олова  $\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  (45 г/л), каустической соды  $\text{NaOH}$  (30 г/л) и пероксида водорода  $\text{H}_2\text{O}_2$  (20 г/л). Температура раствора 50...60 °С, время выдержки 3...5 мин.

С использованием приведенного технологического процесса на заводе восстанавливали в год более 100 тыс. поршней.

Вкладыши коленчатых валов карбюраторных двигателей допускают одно растачивание под ремонтный или номинальный размер на станках повышенной точности Одесского станкозавода. При исчерпании такой возможности на рабочие поверхности сталеалюминиевых вкладышей, выполненных из материала АО-20-1 или АО-6, наносят электрохимические покрытия. По технологии НПО «НИИ тракторосельхозмаш» трущиеся поверхности вкладышей, изношенные не менее чем на 0,03 мм, предварительно растачивают и на них наносят гальваническое покрытие из сплава СОС-6-6 толщиной 0,125 мм. Сплав СОС-6-6 состоит из олова (5,5...6,5 %), сурьмы (5,5...6,5 %) и свинца (остальное).

Процесс нанесения покрытия включает следующие операции:

- электрохимическое обезжиривание на аноде и катоде без перемешивания раствора в электролите состава  $\text{Na}_2\text{PO}_4$  (20...40 г/л) и  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  (20...40 г/л) при температуре 60...70 °С, плотности тока 3,5...5,0 А/дм<sup>2</sup> в течение 3 мин;

- промывку в воде при температуре 70...90 °С в течение 1 мин;

- промывку в воде при температуре 18...25 °С в течение 1 мин;

- травление с осветлением в водном растворе состава  $\text{HNO}_3$  (420 г/л) и  $\text{HCl}$  (420 г/л) при температуре 18...25 °С в течение 1 мин;

- двухступенчатую промывку в воде при температуре 18...25 °С в течение 2 мин;

- цинкатную обработку в водном растворе состава  $\text{NaOH}$  (450...525 г/л),  $\text{ZnO}$  (80...100 г/л),  $\text{FeCl}_3$  (1,0...1,2 г/л) и сегнетовой соли (10...15 г/л) при температуре 18...25 °С в течение 0,5 мин;

- повторяются операции: двухступенчатой промывки в воде при температуре 18...25 °С; травления с осветлением, промывки в воде при температуре 18...25 °С; цинкатной обработки с промывкой в воде при температуре 18...25 °С;

- никелирование с перемешиванием в электролите состава  $\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  (285...312 г/л),  $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  (40...50 г/л),  $\text{H}_3\text{BO}_3$  (40 г/л) и  $\text{H}_2\text{O}_2$  (0,2...2,0 г/л) при температуре 45...50 °С и катодной плотности тока 2,0...23,2 А/дм<sup>2</sup>. Толщина покрытия при этом достигает 2,5 мкм;

- двухступенчатую промывку в воде при температуре 18...25 °С в течение 2 мин;

- осаждение баббита СОС-6-6 в электролите состава  $\text{Pb}(\text{BF}_4)_2$  (185 г/л),  $\text{Sn}(\text{BF}_4)_2$  (74 г/л),  $\text{Sb}(\text{BF}_4)_3$  (18,8 г/л),  $\text{HBO}_3$  (25 г/л), желатин (0,5...1,0 г/л) и



резорцин (5...7 г/л) при температуре 18...25 °С, плотности тока 4 А/дм<sup>2</sup> в течение 125 мин. Толщина покрытия при этом достигает 125 мкм;

- нанесение прирабочного покрытия с центральным аводом из сплава Sn (8...10 %) и Pb (остальное) в электролите состава Pb(BF<sub>4</sub>)<sub>2</sub> (331...472 г/л), Sn(BF<sub>4</sub>)<sub>2</sub> (49,2...70,4 г/л), Cu(BF<sub>4</sub>)<sub>2</sub> (10...15 г/л), HBF<sub>4</sub> (70...100 г/л), H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> (30 г/л), резорцин (5...6 г/л) при температуре 18...25 °С, плотности тока 4 А/дм<sup>2</sup> в течение 250 с. Толщина покрытия при этом достигает 25 мкм;

- двухступенчатую промывку в воде при температуре 18...25 °С в течение 2 мин;

- нанесение декоративного покрытия в электролите состава Pb(BF<sub>4</sub>)<sub>2</sub> (185 г/л), Sn(BF<sub>4</sub>)<sub>2</sub> (50...74 г/л), H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> (25 г/л), желатин (0,5...1,0 г/л) и резорцин (5...7 г/л) при температуре 18...25 °С, плотности тока 1...2 А/дм<sup>2</sup> в течение 1...2 мин. Толщина покрытия при этом достигает 2 мкм;

- промывку в воде при температуре 18...25 °С в течение 1 мин;

- промывку в воде при температуре 70...90 °С в течение 1 мин.

Приведенные операции выполняют над заготовками, установленными на подвеске. Окончательную механическую обработку не ведут. Предложенный процесс восстановления деталей внедрен в Беларуси впервые. Лабораторные испытания показали, что износостойкость как самих восстановленных деталей, так и трущихся пар, в которые входят эти детали, одинаковая по сравнению с новыми деталями и, соответственно, с парами деталей. Подконтрольная эксплуатация не выявила случаев преждевременного снятия с эксплуатации двигателей с восстановленными деталями.

В Белорусском государственном университете разработан процесс восстановления изношенных вкладышей подшипников путем электрохимического осаждения многокомпонентных функциональных покрытий, который обеспечивает необходимое сочетание толщины, коэффициента трения, адгезии и микротвердости покрытий. Процесс включает предварительную механическую обработку вкладышей, их обезжиривание, травление, осаждение тонкого никелевого покрытия на алюминиевую основу внутренней поверхности детали и осаждение антифрикционных сплавов Pb-Sn-Sb или Pb-Sn-Cu из борфтористоводородных электролитов. Введение в свинцовооловянные сплавы третьего компонента повышает их микротвердость, улучшает прирабатываемость, износостойкость и стойкость против эрозии. Наряду с солями осаждаемых металлов электролиты содержат свободные борфтористую и борную кислоты, желатин и резорцин. Борфтористая кислота регулирует pH прикатодного слоя и увеличивает рассеивающую способность и стабильность электролита. Борная кислота

выступает в качестве буферной добавки. Желатин и резорцин регулируют относительные скорости осаждения компонентов сплава и способствуют получению мелкозернистых плотных покрытий. Механическое перемешивание электролита исключает пористость осадков и повышает скорость осаждения. Процесс ведут при комнатной температуре и плотности тока до  $4 \text{ А/дм}^2$ . Подобранные составы электролитов и режимы нанесения покрытий обеспечивают скорость осаждения покрытий до  $1,35 \text{ мкм/мин}$ . Производительность процесса зависит от объема используемых ванн и толщины покрытия. В 2-х ваннах объемом 350 л можно нанести в смену покрытие толщиной 120 мкм на поверхности 500...600 вкладышей.

Двигатели ЗМЗ-53-11, в которых были установлены комплекты восстановленных вкладышей, эксплуатируются в хозяйствах Витебской области с 1998 года. Нарботка этих вкладышей не уступает наработке новых изделий.

Имеются предложения по восстановлению изношенных вкладышей подшипников пайкой или напылением. Наряду с достоинствами указанные способы имеют и существенные недостатки, связанные с невозможностью одновременного восстановления большого числа деталей и их деформированием в результате теплового влияния на них газового или плазменного факела. Возникают также проблемы, связанные с невысокой адгезией напыленных покрытий с основой.

Следует отметить, что восстановление малоресурсных деталей увеличивает затраты живого труда на 12,8 чел.-ч (применительно к ремонту автомобильного двигателя с рабочим объемом 4,8 л), но тем не менее приносит экономический эффект.

Затраты на восстановление поршней составляют 10...30 % от стоимости новых деталей, для вкладышей это соотношение равно 10...50 %.

#### **9.2.4. Организация необезличенного ремонта**

Один из ключевых вопросов организации ремонта машин – сохранять или не сохранять принадлежность деталей к конкретной машине при ее ремонте. Несмотря на кажущуюся простоту проблемы, ее решение определяет организационную форму, эффективность ремонта и сбережение доремонтного ресурса машин. Использование идей необезличенного ремонта в современных условиях целесообразно в их сочетании с принципами поточного индустриального ремонта.

Необезличенный ремонт был первой организационной формой ремонта машин. Индустриализация их ремонта в 50 – 60-х годах прошлого столе-

тия с поточной формой организации труда привела к большим достижениям в индустриальном восстановлении деталей на поточно-механизированных линиях с внедрением прогрессивных технологических процессов, но также и к обезличиванию предмета ремонта. Закономерность этих процессов установили В.В. Ефремов, его ученики и другие исследователи.

Однако обезличенный ремонт приводит к неполному использованию остаточного ресурса деталей, нарушению взаимного расположения их трущихся и стыковых поверхностей, которое достигнуто в результате длительного трения и стабилизации внутренних напряжений в их материале, изменению параметров зацепления шестерен, росту дисбаланса и др. Обезличенный ремонт не стимулирует заказчика беречь ремонтный фонд, а поощряет сдачу его в ремонт в подсобранном виде и в состоянии металлолома. Заказчик не сдает малоизношенную машину в обезличенный ремонт, а экономит на средствах, ремонтирует ее сам, не имея на это надлежащих условий и базы. Только 4 % двигателей ремонтного фонда приходят первый раз в заводской капитальный ремонт, а свыше 80 % двигателей поступают не менее чем в третий ремонт. С другой стороны, если заказчик сдаст в обезличенный ремонт машину с полностью израсходованным ресурсом и заплатит за какой-то усредненный, хотя и дорогой ремонт, то получит удовлетворительного состояния машину, собранную из запасных частей и выборки годных и восстановленных деталей всего ремонтного фонда.

Противоречие может быть решено путем организации необезличенного ремонта с назначением цены не за абстрактный ремонт, а за фактический его объем, установленный путем диагностирования агрегатов.

Труды, посвященные необезличенному ремонту, появились сравнительно недавно [75 и др.]. К примеру, И.Е. Дюмян и С.И. Слюсаренко установили [24], что необезличенный ремонт целесообразен для двигателей, поступивших на ремонтное предприятие первый раз, в то время как 40 % двигателей требуют не капитального, а текущего ремонта.

Различие в ресурсах деталей и узлов делают нерациональным применение полностью необезличенного ремонта. С учетом сокращения объемов ремонтного производства до сих пор нет однозначности в представлениях об области его применения. Технологическая подготовка многоменклатурного ремонтного производства в условиях рынка заставляет пересмотреть области применения организации обезличенного и необезличенного ремонта.

Рассмотрим, какие противоречивые факторы способствуют и сдерживают внедрение ремонта с сохранением принадлежности деталей к машине [38].

Утверждают такую организацию ремонта:

- заинтересованность хозяйств сдать машину удовлетворительного технического состояния, потому что эту же машину придется получить по дифференцированной цене за фактический ремонт, учитывающей трудоемкость ремонта и стоимость запасных частей, установленных взамен выбранных деталей;

- релаксация внутренних напряжений в материале деталей и сопутствующая ей стабилизация формы этих деталей;

- сохранение взаимного расположения поверхностей деталей, достигнутого в результате их эксплуатации;

- меньшее приращение дисбаланса во время ремонта сборочной единицы;

- сохранение значений параметров зацепления шестерен;

- уменьшение объема механических и балансировочных работ.

Отрицают ремонт с сохранением принадлежности деталей к машине:

- усложненное делопроизводство и учет деталей;

- необходимость применения контейнеров, подвесок или стеллажей для перемещения и хранения комплектов деталей;

- увеличение производственной площади на создание участка ремонта агрегатов;

- увеличение сроков ремонта;

- большая трудоемкость создания средств для безразборного определения неисправностей и остаточного ресурса.

Ключевой вопрос в деле внедрения необезличенного ремонта машин состоит в определении множества деталей, входящих в сохраняемый комплект. Сохранение принадлежности деталей к отдельному экземпляру машины во время ее ремонта создает немалую трудоемкость и требует вложения затрат. Вероятно, сохранение принадлежности к машине всех без исключения деталей не имеет смысла. На наш взгляд, решение поставленной задачи учитывает соотношение остаточного ресурса деталей, их предельного состояния и стоимости.

Достижение предельного состояния детали и полное исчерпание ее ресурса – не одно и то же событие. В течение жизненного цикла детали ее предельное состояние может наступать один или несколько раз. В первом случае при наступлении предельного состояния детали ее остаточный ресурс близок к нулю. Во втором – деталь имеет ресурс не менее чем на один межремонтный цикл.

Детали можно обезличивать. Во-первых, те, которые после ремонта агрегата не будут восстанавливаться при следующем ремонте. К ним относятся: уплотнительные элементы (прокладки, сальники, набивки); детали, исчерпавшие ремонтные размеры, для которых на заводе не освоены способы восстановления под номинальные размеры; детали на грани исчерпания остаточного ресурса (коленчатые и распределительные валы, требующие второй наплавки, блоки цилиндров, претерпевшие восстановление коренных опор с нанесением покрытий, приварку ДРД и заварку трещин). Во-вторых, детали, имеющие большой ресурс, но малую стоимость (крепёжные и стопорящие детали, крышки и кронштейны). В-третьих, теряется смысл сохранения комплекта деталей агрегата, если утрачена вследствие утери или выбраковки его корпусная деталь.

Детали, которые должны входить в сохраняемый комплект:

1) детали, которые обрабатывались совместно на заводе-изготовителе (например, блок цилиндров с крышками коренных опор и картером сцепления, шатуны с крышками, картер редуктора заднего моста с крышками);

2) детали, соприкасающиеся стыками, не проходящими механическую обработку при данном ремонте. Такие сочетания деталей могут составлять: блок цилиндров – головки цилиндров – гильзы цилиндров – крышки коренных подшипников – картер сцепления – упорные шайбы коленчатого вала – крышка распределительных шестерен; головка цилиндров – впускная труба – выпускной коллектор – стойки коромысел – втулки клапанов, коленчатый вал – маховик;

3) дорогие детали, имеющие остаточные ресурсы, равные не менее двум межремонтным наработкам;

4) сборочные единицы, прошедшие динамическую балансировку.

В пользу второго и четвертого условий вхождения деталей в сохраняемый комплект говорят такие исследования. Рассматривались две группы сборочных единиц «коленчатый вал – маховик» двигателя ЗМЗ-53. Первая группа была собрана из деталей сохраняемого комплекта, а вторая – из обезличенных деталей. У всех сборочных единиц измерялись начальный дисбаланс на заднем конце (пятой коренной шейке) коленчатого вала и торцовое биение на радиусе 154 мм рабочей поверхности маховика относительно оси его вращения. Исследования проводились на балансировочном станке МС 9716 и на стенде для сборки коленчатого вала с маховиком и сцеплением.

Средние и модальные значения статического дисбаланса  $mR$  для первой группы комплектов равны соответственно 46,6 и 30,0 г·см, для второй – 104,1 и 95 г·см (рис. 9.3).

Средние и модальные значения торцового биения для первой группы комплектов равны соответственно 0,14 и 0,08 мм, для второй – 0,47 и 0,25 мм (рис. 9.4).

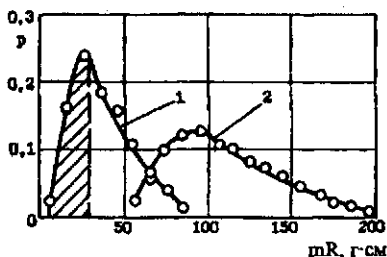


Рис. 9.3. Частота  $p$  распределенная значений дисбаланса  $mR$  сборочных единиц коленчатый вал – маховик двигателя ЗМЗ-53 необезличенных (1) и обезличенных (2)

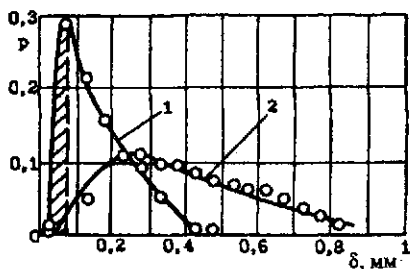


Рис. 9.4. Частота  $p$  распределения биений  $\delta$  рабочего торца маховика двигателя ЗМЗ-53 относительно оси коренных шеек коленчатого вала. Сборочная единица собрана из необезличенных (1) и обезличенных (2) деталей

Значения дисбаланса и торцового биения находились в допустимых пределах (заштрихованные поля графиков), соответственно у 42,2 и 38,8 % сборочных единиц из необезличенных деталей. Во второй группе изделий только одна сборочная единица имела допустимое биение и ни одна не имела допустимый дисбаланс.

Таким образом, сохранение комплектов деталей в ремонте обеспечивает уменьшение объема механических и балансировочных работ.

Производственный и научный интерес представляет определение объемов ремонта, при которых необезличенный ремонт эффективен. Производилось сопоставление затрат на технологическую подготовку и организацию обезличенного и необезличенного ремонта различных объемов двигателей ЗМЗ-53. Сокращение объема исследований без потери их объективности было обеспечено рассмотрением только множества изменяющихся статей расходов (табл. 9.7).

Анализ мероприятий показывает, что операции разборки, очистки и определения повреждений требуют дополнительных вложений, результаты которых начинают проявляться с операций нанесения восстановительно-упрочняющих покрытий. Область эффективного применения организации необезличенного ремонта ограничена справа объемами 4,0...6,3 тыс. агрегатов в год.

Таблица 9.7

Содержание отличающихся процессов, СТО и организаций при обезличенном и необезличенном ремонте двигателей

Содержание отличительных мероприятий при внедрении методов ремонта		Источник экономического эффекта (+) или убытка (-) от внедрения необезличенного ремонта
обезличенного	необезличенного	
1	2	3
<b>РАЗБОРКА ДВИГАТЕЛЕЙ</b>		
Укладка деталей на подвески или в тару с учетом только их наименования	Укладка деталей на подвески или в контейнеры комплектами с учетом их принадлежности к конкретному двигателю  Нанесение клейм и меток на соединяемые детали	(-) Увеличение объема транспортной тары (-) Увеличение производственной площади для накопления комплектов деталей (-) Увеличение трудоемкости воздействий на подготовку комплектов деталей (-) Затраты труда на воздействие
<b>ОЧИСТКА ДЕТАЛЕЙ</b>		
Внедрение процессов очистки деталей с учетом только их наименования	Внедрение процессов очистки комплектов деталей  Маркирование деталей	(-) Увеличение количества очистного оборудования (-) Увеличение трудоемкости очистки (-) Затраты труда на воздействие
<b>ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ДЕТАЛЕЙ</b>		
Организация работ на специализированных постах	Организация работ на универсальных постах  Назначение совокупности технологических воздействий, связанных со значениями износов деталей	(-) Высокая квалификация сортировщиков, увеличение трудоемкости работ, ведение сортировочных ведомостей на базовые детали
<b>НАНЕСЕНИЕ ВОССТАНОВИТЕЛЬНО-УПРОЧНЯЮЩИХ ПОКРЫТИЙ</b>		
Средства и процессы по нанесению покрытий одной толщины, рассчитанной для компенсации наибольшего износа	Средства и процессы по нанесению покрытий толщиной, зависящей от значения износа	(+) Сокращение расхода энергии и материалов, уменьшение трудоемкости воздействий (-) Перемещение деталей комплектами
<b>ОБРАБОТКА ДЕТАЛЕЙ</b>		
Традиционные схемы базирования	Адаптивные схемы базирования Базирование по необработываемым поверхностям	(+) Повышение точности обработки, сокращение расхода энергии, уменьшение машинного времени (-) Увеличение площади под межоперационное хранение

1	2	3
<b>КОМПЛЕКТОВАНИЕ ДЕТАЛЕЙ</b>		
Образование сборочного комплекта без принадлежности деталей к определенному агрегату	Образование сборочного комплекта с принадлежностью деталей к определенному агрегату	(-) Увеличение площади участка (-) Увеличение количества органомастки (+) Упрощение подбора по массе
<b>БАЛАНСИРОВКА СБОРОЧНЫХ ЕДИНИЦ</b>		
Балансировка сборочных единиц, собранных из обозначенных деталей	Балансировка сборочных единиц из деталей, ранее входивших в комплекты	(+) Меньшая масса удаляемого металла, меньшая трудоемкость балансировки
<b>СБОРКА ДВИГАТЕЛЕЙ</b>		
Использование деталей всего ремонтного фонда	Использование деталей данного двигателя	(+) Повышение точности сборки (закрывающих размеров и расположения) (+) Уменьшение внутренних напряжений в деталях

В производство внедрена организация необезличенного ремонта двигателей, характерные особенности которой следующие.

Общая разборка двигателей – постовая. Сборочные единицы одного двигателя с базовыми и основными деталями занимают свои определенные места в ячейках специального контейнера. В других ячейках контейнера располагают остальные детали, входящие в сохраняемый комплект. Таким образом, обеспечивается начальное сохранение комплекта.

Контейнер с деталями устанавливают на транспортирующий конвейер. Конструкция контейнера обеспечивает взаимодействие струй или вихрей очистного раствора с очищаемыми поверхностями без «затенения» деталями друг друга и не позволяет изделиям покидать свои ячейки под действием движущегося раствора. На подвески этого контейнера укладывают и остальные детали, не входящие в сохраняемый комплект, например, клапаны, толкатели, масляный картер, крышка коромысел. Детали на конвейере проходят общую погрузную или струйную очистку.

Сборочные единицы поступают на стенды для узловой разборки. Здесь разбирают коленчатый вал с маховиком, сцеплением и шестерней, распределительный вал с шестерней, эксцентрикром и балансиром, цилиндропоршневые группы, головки цилиндров с клапанным механизмом. Детали после разборки возвращают в контейнер. Комплект деталей в контейне-



ре проходит погружную очистку в роторной машине и поступает на участок определения повреждений.

Сортировщики на рабочих местах определения повреждений деталей имеют квалификацию на 1...2 разряда выше, чем рабочие на рабочих местах при традиционной организации труда. На этих рабочих местах принимают решение о целесообразности дальнейшего сохранения комплекта деталей, исходя из их технического состояния, в первую очередь блока цилиндров. При положительном решении о необходимости сохранения комплекта деталей оформляют ведомости повреждений и маркируют детали. В ведомостях указывают номер двигателя, повреждения на каждой детали и перечень выбракованных деталей. В дальнейшем детали будут извлекать из контейнера и направлять на участки (рабочие места) для восстановления, поэтому маркировочные знаки наносят на все детали комплекта. С целью уменьшения объема маркировочного знака принята сквозная (из трех цифр) помесечная нумерация комплектов.

Номер бирки контейнера соответствует номеру комплекта.

Контейнеры перевозят погрузчиком на специализированные по предметному признаку участки восстановления деталей. Затем детали из контейнера распределяются по своим участкам (рабочим местам). Путь движения контейнера проходит через участок восстановления детали наибольшей массы. В конце этого участка контейнер ожидает свои детали.

На участках восстановления деталей установлено оборудование в технологической последовательности устранения часто встречающихся повреждений. Рядом установлено оборудование для устранения редких повреждений. Это обеспечивает наряду с сохранностью комплектов деталей и точность производства.

Комплект восстановленных деталей в контейнере очищают от технологических загрязнений. Затем детали проходят контроль полноты и качества устранения повреждений и направляются на комплектовочный участок.

Комплектовщики добавляют в контейнер детали, не входящие в сохраняемый комплект, и запасные части взамен выбракованных деталей. Из накопителя комплектовочного участка контейнеры выдают сборщикам. Узловую и общую сборку ведут на неподвижных стендах. К бригаде сборщиков прикреплен обкатчик.

Внедрение ремонта с сохранением принадлежности деталей к машине обеспечивает ресурсосбережение, повышение эффективности и качества ремонта.

### 9.2.5. Материалосберегающие мероприятия

Безотходность технологического процесса характеризует экономию материальных ресурсов и оценивается коэффициентом использования материала. Большая доля изобретений за последнее время на тему восстановления деталей служит целям снижения расхода материалов по причине их большой стоимости.

Уменьшение расхода средств на материалы связано с обоснованной заменой материалов на более дешевые, сокращение времени протекания технологических (очистных, обкаточных и др.) процессов и повторное использование восстановленных, регенерированных и фильтрованных материалов. Некоторые примеры таких мероприятий следующие: втулки из бронзы БрОЦС 5-5-4 заменяют втулками из алюминиевого сплава АЛ-4, АЛ-30 или биметаллическими; напыляемые самофлосующиеся порошки и шнуровые материалы заменяют листовыми закаленными ДРД из конструкционной стали, что снижает стоимость материалов до 10 раз.

Одним из эффективных путей снижения себестоимости восстановления деталей является применение отходов производства в качестве материала покрытий. Особый интерес представляют отходы шлифования стали ШХ15, в которых содержатся легирующие элементы (Cr, Mn, Si), а также до 8...10 % (по массе) абразивных зерен в результате изнашивания шлифовальных кругов. Лезвия дисковых рабочих органов сельскохозяйственных машин с покрытием, нанесенным электроконтактной приваркой шлама от шлифования стали ШХ15, изнашиваются в основном по затывочной части с постепенным выходом износа на покрытие и существенно менее по режущей кромке, обеспечивая при этом самозатачивание.

При лезвийной обработке заготовок из серого чугуна образуется стружка, которая может быть применена в качестве материала для газотермического напыления. Наиболее подходит для этой цели стружка после сверления и растачивания без СОЖ. Материал проходит циклонную очистку от пылевидных фракций, измельчается в шаровой мельнице и рассеивается для выделения фракции с размерами 40...160 мкм. Полученные порошки имеют повышенное содержание графита и кислорода и значительное содержание марганца и кремния.

Структура покрытий, полученных воздушно-плазменным напылением на установке «Киев-7», отличается от исходной и представляет собой мартенсит, цементит, остаточный аустенит, а также метастабильный  $\epsilon$ -карбид. Такой фазовый состав обуславливает повышение микротвердости покрытий по сравнению с исходным порошком в 2,0...2,5 раза до значений 6...8 ГПа.

Прочность соединения покрытия с основой (сталь 45) при нормальном отрыве составляет 20...25 МПа. В условиях граничного трения с контртелом из нормализованной стали 40Х при удельном давлении 5,1 МПа и скорости скольжения 1 м/с эти покрытия не уступают плазменным покрытиям из никель-титанового сплава ПН55Т45. Таким образом, возможно использование чугуновой стружки при получении порошков для газотермического напыления с удовлетворительным уровнем служебных свойств.

Профессор Ф.И. Пантелеенко разработал концепцию создания самофлюсующихся сплавов из порошков железа (ПЖВ), чугуна (ПРСЗ), быстрорежущих сталей ПР-10Р6М5 и др. [76]. Суть концепции заключается в том, что флюсующие элементы (бор, кремний или только бор) вводятся в поверхностный слой каждой частицы диффузионным путем в определенном количестве для получения слоя требуемых фазового состава и толщины. Диффузия элементов обеспечивает самофлюсуюемость материала, высокую прочность соединения его с основой за счет контактного эвтектического плавления слоя на поверхности частиц, исключение угара легирующих элементов при получении порошков, образование боридных или карбидных фаз с повышенными триботехническими свойствами. В качестве исходных материалов могут быть использованы отходы механической обработки.

Для центробежной очистки лобых электролитов служит установка ДРГ2-0,30 с фильтром и насосом производительностью 2 м<sup>3</sup>/ч. Очистку можно также вести при помощи ионообменных смол, осаждением ионов металлов в виде гидроксидов, добавлением сахара в электролит для получения растворимого хроматина при рН 2,2...2,6.

Акционерное общество «Конверсия» (Москва) выпускает универсальные установки ЭКО-91 для очистки отработавших органических растворителей и их смесей. Установка очищает способом ректификации ацетон, бензин, ксилол, толуол, бензол, этилацетат, дихлорэтилен, трихлорэтилен, дихлорметан, циклогексан, смесевые растворители 645, 646, Р4, Р5, бутилацетат, четыреххлористый углерод, этиловый, метиловый и изопропиловый спирты, изопропиловый эфир, нефрас, фреон. Качество очистки соответствует требованиям ГОСТа к материалам в исходном состоянии. Природоохранный процесс обеспечивает многократное использование дорогостоящего сырья. Производительность установки 20 т/год, установочная мощность 7 кВт. Срок окупаемости 6...9 месяцев.

Изготовление металлоасбестовых прокладок сопряжено с расходом дефицитных материалов и большой трудоемкостью (число технологических операций изготовления и сборки их элементов превышает десять наименований). Прокладки, устанавливаемые под головки цилиндров, в про-

цессе работы прочно соединяются с уплотняемыми стыками и повреждаются при разборке двигателя. Прокладка легко отделяется от стыка после длительной эксплуатации, если на ее поверхность перед установкой нанесено противадгезионное покрытие состава (% массы): моторное масло – 44, графит – 29, каолин 25 и клей ПВА – 2.

Для нанесения покрытия разработан стенд [37] (рис. 9.5).

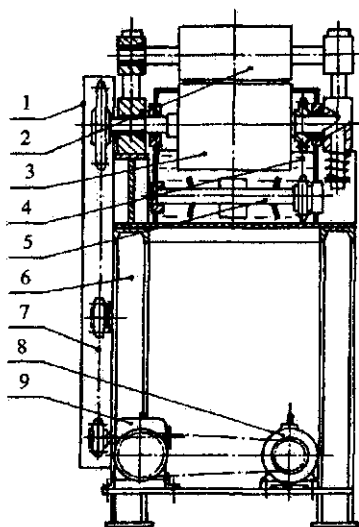


Рис. 9.5. Стенд для нанесения противадгезионного покрытия:

- 1 – кожух; 2 – прижимной валок; 3 – ведущий валок; 4 и 7 – цепные передачи;  
5 – вал-рыхлятель; 6 – станина; 8 – электродвигатель; 9 – редуктор

Вращение от электродвигателя 8 передается на редуктор 9, а с его ведомого вала посредством цепной передачи 7 (закрывается кожухом 1) на ведущий валок 3. Опоры валка установлены на станине, а вращение от него за счет сил трения передается на прижимной валок 2, а также при помощи цепной передачи 4 – на вал-рыхлятель 5. Опоры вала-рыхлятеля неподвижно установлены на станине 6, а опоры валка 2 подпружинены относительно нее. В начале работы стенд несколько минут работает холостую для размешивания наносимого материала и пропитки им губчатой резины на валках. Затем на валки подают обрабатываемую прокладку, которая уже с покрытием выходит на приемный стол. Нанесение покрытия сокращает расход прокладок при контрольных разборках двигателей, устранении дефектов и текущих ремонтах.

Норма расхода масла на обкатку одного двигателя составляет 2...5 л. Для очистки масла применяют установку передвижную сепараторную маслоочистительную ПМС2-4 УХП-4 (рис. 9.6) производительностью 4 м<sup>3</sup>/ч, при этом обеспечивается фактор разделения Ф500 и содержание воды в масле – не более 0,3 %.

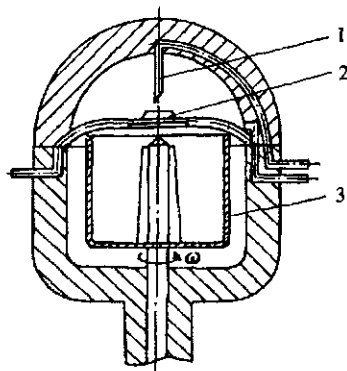


Рис. 9.6. Установка сепараторная для очистки масла:  
1 – латрубок подводящий; 2 – тарелка конусная; 3 – ротор

Пресс-фильтр ФПХ-4 УХП-4 (рис. 9.7) содержит в качестве фильтрующих элементов фильтровальную бумагу. Поверхность фильтрации – 2 м<sup>2</sup>; производительность – 4 м<sup>3</sup>/ч; крупность разделения твердой фазы < 0,01 мм.

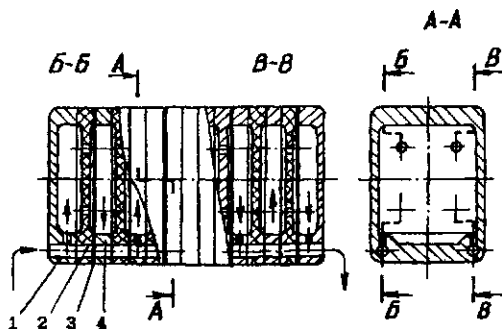


Рис. 9.7. Пресс-фильтр:  
1 – крышка; 2 – перегородка; 3 – фильтрующий элемент; 4 – секция

При ремонте двигателей подлежат нормативной замене 9 % блоков и 10 % головок цилиндров, цена комплекта которых превышает цену капитального ремонта двигателя. При разработке и внедрении процессов восстановления этих деталей с трудоемкими повреждениями (обломами стыков, трещинами в нагруженных элементах и др.) уменьшается потребность в приобретении одноименных запасных частей.

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

Внедрение предлагаемых мероприятий сокращает стоимость потребляемых материалов и запасных частей до 15 %.

### 9.2.6. Сбережение электрической и тепловой энергии

Годовое количество электрической энергии, потребляемой технологическим оборудованием с шин низкого напряжения  $W_{\text{сшл}}$ , определяют по формуле:

$$W_{\text{сшл}} = \sum_1^n N_{yi} \Phi_{\text{до}} k_{\text{сн}} k_s, \text{ кВт-ч}, \quad (9.1)$$

где  $N_{yi}$  – установленная мощность оборудования  $i$ -го вида, кВт;  $i = 1, \dots, n$  – количество видов оборудования;  $k_{\text{сн}}$  – коэффициент спроса, учитывающий неодновременность работы потребителей;  $k_s$  – коэффициент загрузки оборудования, принимают равным 0,75...0,80.

Годовой расход электрической энергии  $W_{\text{осв}}$  для освещения помещений и уличной территории определяют или вышеприведенным методом, или по удельному расходу электрической энергии в час на 1 м<sup>2</sup> освещаемой площади по формуле:

$$W_{\text{осв}} = 10^{-3} \sum_1^n R_i t_{\text{осв}i} F_{\text{осв}i}, \text{ кВт-ч}, \quad (9.2)$$

где  $R_i$  – норма электрической мощности осветительных приборов  $i$ -го вида, приведенная к одному квадратному метру освещаемой площади, Вт/м<sup>2</sup>;  $i = 1, \dots, n$  – количество видов осветительных приборов;  $t_{\text{осв}i}$  – средняя продолжительность работы осветительного прибора  $i$ -го вида в течение года, ч;  $F_{\text{осв}i}$  – площадь территории, освещаемая осветительными приборами  $i$ -го вида, м<sup>2</sup>.

На основании анализа расхода электрической энергии определяют оборудование, которое потребляет наибольшее ее количество, и выявляют случаи нерационального расходования. Именно у этих потребителей и в этих случаях следует в первую очередь искать резервы энергосбережения.

Расход тепла  $Q_m$  на предприятии равен

$$Q_m = Q_{оаз} + Q_{газ} + Q_{оиз} + Q_{гаиз} + Q_{тех} + Q_{тплс} \quad (9.3)$$

где  $Q_{оаз}$  и  $Q_{газ}$  – расход тепловой энергии на отопление и горячее водоснабжение административных зданий соответственно;  $Q_{оиз}$  и  $Q_{гаиз}$  – расход тепловой энергии на отопление и горячее водоснабжение производственных зданий соответственно;  $Q_{тех}$  – расход тепла на технологические нужды;  $Q_{тплс}$  – тепловые потери в сетях.

Расширение множества видов применяемой энергии связано с внедрением оборудования и процессов, преобразующих энергию движения материи на более глубинных ее уровнях. Так, механическая энергия связана с движением макротел, тепловая и химическая – с движением молекул, электрическая – с движением ионов и электронов и т.д. Новые разработки, определяющие размеры машин, их КПД, экономичность и технический уровень, используют более глубинные уровни превращения энергии. Так, получение потенциальной энергии давления сжатого воздуха связано с низким КПД и большой мощностью компрессоров и потребителей сжатого воздуха. Целесообразно пневмомеханические приводы заменить электро-механическими приводами, которые питаются током повышенной частоты (200 Гц). Электронно-лучевая и лазерная обработка материалов обеспечивает наибольшую плотность энергии в единице площади ( $10^2 \dots 10^6$  кВт/см<sup>2</sup>), в то время как газовое пламя – только 3 кВт/см<sup>2</sup> с более низким КПД.

Технологическая подготовка процессов нагрева металла должна быть направлена на совершенствование шахтных и камерных печей и упорядочение графиков их работы, замену неэффективных ламповых и машинных высокочастотных генераторов тиристорными преобразователями частоты тока, корректировку электролитов и режимов нанесения электрохимических покрытий. Режимы работы мощных металлургических и термических агрегатов должны обеспечить их длительную непрерывную работу, исключающую пуск и разогрев оборудования после простоев. Существенный эффект дает оптимизация режимов нанесения покрытий. Обкаточно-тормозные стенды бесцельно рассеивают энергию в нагрузочных реостатах, которая может быть использована для нагрева технологических сред. До 5 % экономии электрической энергии достигается отключением в выходные дни заводских трансформаторов для исключения их холостого хода и автоматизацией включения конденсаторных батарей для компенсации реактивной мощности.

Уменьшению расхода тепловой энергии на технологические нужды способствует использование очистных сред, гальванических растворов и

консервационных смазок, работающих при комнатных температурах. На заводе действуют две группы процессов – с поглощением и выделением тепла технологическими средами. Между этими группами процессов необходимо организовать взаимодействие. Обратные системы водопотребления с нагревом воды используют на рабочих местах определения течей в стенках восстанавливаемых корпусных деталей и с охлаждением воды на рабочих местах аргодуговой, вибродуговой и контактной сварки, плазменного напыления, в гальваническом, термическом и обкаточном участках. Взаимодействие этого оборудования между собой обеспечивает рациональное использование тепловой энергии. Градири, например, могут играть роль полезных теплообменников, передающих тепло технологическим средам. Аналогичные функции могут выполнять стенды для испытаний тепловых двигателей. Весьма актуальны мероприятия, направленные на уменьшение энергозатрат на очистные процессы путем замены струйных способов очистки на погружные и совершенствование последних.

Установка индивидуальных котлов малой мощности (до 250 кВт), достаточной для обеспечения теплом отдельных производственных корпусов, позволяет экономить около 800...2000 ГДж тепла за отопительный сезон, так как отпадает необходимость содержания в горячем резерве заводской котельной и ежедневном пуске и остановке котлов. Использование тепла конденсата и изоляция теплотрасс сокращают потери тепловой энергии до двух раз.

Внедрение предлагаемых мероприятий сокращает потребление топливно-энергетических ресурсов – до 20 %.

### 9.2.7. Экономия труда

Экономия трудовых ресурсов достигается высвобождением людей машинами и механизмами, что выражается повышением уровня и степени механизации и автоматизации технологических процессов.

Исполнителя высвобождают полностью или частично в таких видах деятельности: приложения физических усилий, управления, принятия решений. В автоматизированном производстве человек высвобожден во всех указанных видах деятельности. *Автоматизированный* труд основан на применении средств, функционирующих и управляемых по заданному алгоритму с использованием энергии неживой природы без непосредственного участия рабочих. Автоматизация производства обеспечивает повышение качества продукции и повышение эффективности производства за счет снижения ее себестоимости. В механизированном производстве человек высвобождается частично в первых двух видах деятельности с закреп-



лением за ним функции принятия решений. *Механизированный* труд определяется последовательным применением мускульной энергии рабочих и энергии неживой природы при управлении процессом без использования или с частичным использованием энергии неживой природы. При ручном производстве человек выполняет все указанные выше функции. *Ручной* труд выполняется и управляется людьми без использования энергии неживой природы. Мускульная энергия – самый дорогой вид энергии.

Производительность труда на ремонтных заводах в 3...5 раз уступает соответствующему показателю автомобильных заводов. Работа по сбережению труда включает составление баланса его расходования по участкам предприятий и времени работы, по видам ремонтируемой продукции и технологических процессов, подробный анализ этого баланса и разработку соответствующих мероприятий. Эти мероприятия включают проектирование средств ремонта (оборудования и оснастки), их изготовление и внедрение. При этом стремятся заменить ручной труд механизированным, а последний – автоматизированным. Этому способствует изучение опыта передовых ремонтных заводов и машиностроительных производств, патентного фонда и научно-технической литературы. Замена средств ремонта способствует совершенствованию технологии. Организация работ по экономии труда составляет один из разделов плана организационно-технических мероприятий ремонтного завода.

Организационная сторона работы по сбережению труда направлена на обнаружение трудовых потерь, на оптимизацию интенсивности труда, поиск наилучшего сочетания труда и отдыха, на создание условий для высокопроизводительного труда.

### 9.3. ОТХОДЫ ПРОИЗВОДСТВА

Технологическая подготовка ремонтного производства должна в будущем исключить или свести к минимуму загрязнение почвы, водного и воздушного бассейнов. Опасность для окружающей среды представляют процессы очистки изделий, сварочные и наплавочные работы, участки нанесения гальванических и лакокрасочных покрытий, металлоплавильные агрегаты, обкатываемые машины, заводской транспорт, кузница и котельная.

В результате производственной деятельности предприятия образуются отходы, которые в зависимости от их агрегатного состояния делятся на газообразные, жидкие и твердые.

Газообразные вещества, выбрасываемые предприятием в атмосферу, состоят более чем из 40 наименований. В атмосферу также уходят пыль

различного химического и размерного состава, дым, сажа и копоть, масляные и сварочные аэрозоли поверхностно-активных веществ, ароматические растворители, хромовый и сернистый ангидриды, хлориды водорода, оксиды углерода и азота, альдегиды и др. Запыленный воздух состоит из несмешивающихся друг с другом фаз: твердой дисперсной и газовой.

Химический состав отходов зависит от вида исходных материалов и процессов их переработки. Наибольшую долю в балансе газообразных отходов составляют (% масс.): сернистый ангидрид – 62; оксид углерода – 23; углеводороды – 6; диоксид азота – 5. Масса твердых частиц в газах составляет 1 %. Технологические процессы основного производства дают 13 % общей массы газообразных выбросов и аэрозолей, остальные выбросы обусловлены сжиганием топлива. Карбюраторные двигатели, кроме того, выделяют свинец, бром, иногда фосфор из топлива и приработочных присадок.

Сточные воды загрязняются органическими и синтетическими моторными и трансмиссионными маслами, консистентными смазками и топливными фракциями поверхностно-активных веществ, щелочами и кислотами при очистке машин, агрегатов и деталей, закаливающими средами при термообработке деталей, СОЖ при механической обработке заготовок, маслами и топливом при обкатке двигателей, утечках масел из гидросистем, работе внутривзаводского транспорта. Промышленные сточные воды по своему составу и свойствам значительно отличаются друг от друга и от исходного состояния, отражая разнообразие технологических процессов, в которых воды принимали участие. На ремонтном производстве в течение года образуется до 20 тыс. т нефтесодержащих сточных вод. Содержание нефтяных фракций и взвешенных веществ в сточных водах достигает 1100 мг/л. Растворимость масел в воде ничтожна, однако устойчивые масляные эмульсии образуются за счет их высокой дисперсности и наличия эмульгаторов. Плавающее масло в стоках – это результат низкой культуры и слабой организации производства, а также плохого состояния оборудования.

Серьезную опасность окружающей среде представляют отходы гальванического производства. Сточные воды этого производства из ванн химической и электрохимической обработки и нанесения покрытий содержат различные токсичные химические соединения – свободные минеральные кислоты и щелочи, соединения шестивалентного хрома и др. Проблема использования переработанных и обезвреженных отходов этого производства решена не полностью. Требуется разработка технологических процессов применения желеобразных обезвреженных отходов в строительстве или при производстве керамики.

Кроме газообразных и жидких отходов имеются твердые или желеобразные отходы. Это, например, металлургические отходы, окалина, древесина, зола, пластмассы, резина, шлам, мусор и др. Их собирают и сдают на специализированные пункты переработки.

На каждом из заводов ежегодно образуется 50...60 т твердых отходов производства (кроме металлических), которые включают (% массы): строительные отходы – 18; прокладочные материалы – 16; древесину – 15; резиновую обрезь – 13; ветошь обтирочную – 12; отработавший флюс – 10; шлифовальные отходы – 8; изношенные шины – 6; шлам гальванопроизводства – 1; шлам окрасочный – меньше 1. Проблема использования или обезвреживания этих отходов достаточно актуальна, поскольку в регионах нет специализированных средств для переработки. Часть отходов вывозится на полигоны для утилизации, а другая часть используется населением для отопления.

#### 9.4. ОБЕЗВРЕЖИВАНИЕ ОТХОДОВ

Наиболее радикальное направление защиты окружающей среды – это совершенствование технологических процессов.

Отработавшие газы очищают химическими, физическими или механическими способами. В основу химических способов положено протекание каталитических реакций. Физические способы используют явления адсорбции и десорбции веществ, а механические – различие физико-механических свойств составляющих (плотности, размеров и агрегатного состояния). В результате этих процессов газы освобождаются от опасных соединений или превращаются в неопасные вещества.

Наибольшее применение нашли механическая очистка газов от пыли, дыма и тумана с помощью гидромеханических процессов в фильтрах и циклонах. Фильтры типа ФВГТ-1,1 обеспечивают степень очистки газов 91...95 %.

Очистка в циклонах происходит за счет вращательного движения потока взвеси, которое приводит к перемещению дисперсных частиц к его периферии, а очищенный газ отбирается из центральной части этого потока.

Водяные экраны в окрасочных камерах с гидрофильтрами осаждают окрасочные аэрозоли. Препятствием для испарения электролитов в гальванических ваннах служат плавающие полиэтиленовые шарики-поплавки на поверхности среды.

Российское НПП «Экоюрус-Венто» выпускает оборудование, которое улавливает вредности на подвижных и неподвижных рабочих мес-

тах и возвращает очищенный воздух в помещение. Образцы этого оборудования следующие.

Электростатические фильтры ФЭС (рис. 9.8) очищают воздух от сварочного аэрозоля, масляного тумана и других мелкодисперсных частиц.

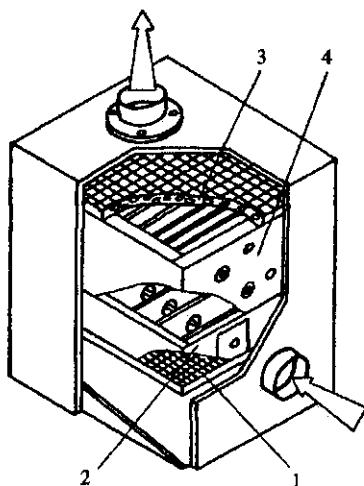


Рис. 9.8. Схема электростатического фильтра для очистки воздуха:  
1 – предфильтр; 2 – ионизационная камера;  
3 – кассета фильтрующая; 4 – камера осадительная

Принцип работы фильтра основан на том, что находящиеся в воздухе частицы размером 0,3...100 мкм твердых и жидких вредных веществ заряжаются, проходя через ионизационную камеру 2, находящуюся под напряжением около 12 кВ, а затем осаждаются на пластинах осадительной камеры 3, находящейся под напряжением примерно 6 кВ. Перед ионизационной камерой устанавливают предфильтр 1 грубой очистки для улавливания крупных частиц и выравнивания воздушного потока, поступающего в ионизационную камеру. Осевшую пыль удаляют промывкой пластин осадительной камеры моющим раствором. Затем пластины сушат. Производительность очистки – 1000...3000 м<sup>3</sup>/ч, степень очистки по твердой фазе сварочного аэрозоля 92...98 %, а по газообразной фазе (%): оксидов азота и углерода 70, фтористого водорода 80 и озона 60.

Фильтро-вентиляционные агрегаты (ФВА) предназначены для удаления с рабочих мест загрязненного воздуха с последующей очисткой его

от сварочного аэрозоля и других мелкодисперсных частиц. Производительность – 1000 м<sup>3</sup>/ч.

Сорбционно-каталитические фильтры УЛОВ очищают вентиляционные выбросы с содержанием органических веществ (стирола, фенола, формальдегида и др.) до 10 мг/м<sup>3</sup>. В качестве фильтрующего материала применяют алюмохромфосфатный сорбент-катализатор. Фильтры обеспечивают очистку воздуха при комнатной температуре, а многократная и быстрая регенерация сорбента происходит за 30...40 мин при температуре 350...400 °С. Производительность фильтров – 500, 1000 и 3000 м<sup>3</sup>/ч. Степень очистки по стиролу, метилстиролу, фенолу, формальдегиду, акролеину и метакрилату – 80...90 %, а по уксусной кислоте, ацетальдегиду, винилацетату – 60...70 %.

Пылеулавливающие агрегаты (ПУА) очищают воздух от пыли и масляного тумана при работе заточного и шлифовального и обдирочно-шлифовального оборудования. Производительность фильтров – 1000 м<sup>3</sup>/ч, степень очистки – 88...98 %, пылеемкость фильтрующего элемента – 3 кг.

Большой объем выбросов в атмосферу дают заводские котельные. Сточные воды в виде эмульсии с содержанием мазута 8...10 % добавляют к жидкому топливу, что обеспечивает снижение в дымовых газах котла оксидов азота на 40...45 %, сажи на 85...90 %, оксида углерода и углеводородов на 75...80 % [39; 43]. Сжигание эмульсии сточных вод в котле повышает его КПД на 1...3 %. Перевод заводской котельной на сжигание газообразного топлива вместо мазута исключает в отходах сернистый ангидрид, что существенно снижает объем вредных выбросов и размер экологического налога.

Воду для жизнедеятельности производства берут из рек, водохранилищ, озер или из-под земли. Подземные воды наиболее чистые, однако запасы их небольшие, а добыча требует больших затрат энергии.

Основные направления снижения сбросов загрязненных сточных вод заключаются в уменьшении расхода воды на единицу продукции и в создании систем оборотного водоснабжения.

Сточные воды, предназначенные для дальнейшего применения или сброса, должны пройти механическую, химическую, биохимическую, термическую или другие виды очистки.

Механическая очистка включает процеживание, отстаивание и фильтрование. *Процеживание*, как правило, применяют для предварительной очистки растворов с целью отделения крупных твердых и волокнистых загрязнений. Процеживание ведут через решетки и сетчатые корзины, кото-

рые быстро засоряются задерживаемыми загрязнениями. *Отстаивание* применяют как пассивный способ очистки растворов. При этом способе затруднено удаление осевших минеральных взвесей и всплывших нефтепродуктов. Отстаивание раствора необходимо в оборудовании для наружной очистки машин. Первая ступень очистки загрязненных вод происходит на цеховых очистных сооружениях, а вторая – на очистных сооружениях предприятия. Чтобы исключить залповые сбросы нефтесодержащих вод, на очистных сооружениях вместо выходных перегородок применяют сифоны. Нефтепродукты с зеркала очищаемых вод периодически собирают, а затем после дополнительного отстаивания и эмульгирования направляют на сжигание в котельную. Очистные сооружения для производственно-ливневых сточных вод требуют своего совершенствования, чтобы довести содержание нефтепродуктов и взвешенных веществ в водах до требуемых нормативов. *Фильтрация* применяют для очистки растворов, используемых для высокоточных деталей. Фильтровальные перегородки выполняют из сеток, тканей или бумаги, между которыми помещают слои фильтровальных материалов. В качестве этих материалов применяют целлюлозу, трепел, зернистые слои песка, угля, диатомита, слои синтетических и природных волокон, пористые перегородки из шамота, кварца, спекшегося стеклянного или металлического порошка.

*Центробежное фильтрование* производят в гидроциклонах или центрифугах. Для осаждения твердых включений применяют напорные гидроциклоны, а для удаления всплывших загрязнений и их осаждения – открытые безнапорные.

Способ *ультрафильтрации* получил распространение для разделения эмульсий как процесс фильтрования раствора через полупроницаемые мембраны под давлением, превышающим осмотическое. Мембрана в таком случае пропускает молекулы растворителя, задерживая растворенное вещество. В процессе нет фазовых переходов, что позволяет вести процесс с небольшими расходами энергии при комнатной температуре. Конструкция фильтра простая. Недостатки процесса – небольшие производительность и срок службы мембраны, необходимость поддержания в полости мембраны повышенного давления и предварительной очистки раствора.

*Коагуляция* сопровождается укрупнением частиц загрязнений и выпадением из коллоидного раствора хлопьевидного осадка. Лучшими материалами для коагуляционной очистки являются железный купорос и гашеная известь.

*Флотация* основана на прилипании частиц загрязнений к воздушным пузырькам, переводе их в пенный слой и удалении этого слоя. Флотацию применяют для удаления из сточных вод нерастворимых эмульгированных примесей, например масел, которые самопроизвольно плохо отстаиваются. Глубина и время очистки зависят от исходной концентрации нефтепродуктов и взвесей, а также дисперсности пузырьков воздуха. Однако вместе с загрязнениями удаляются и поверхностно-активные вещества.

Технологические машины, реализующие способы отстаивания, коагуляции и флотации загрязненных сред, применяют для создания цеховых пунктов регенерации очистных растворов.

Химические способы основаны на обработке сточных вод химическими реагентами. Вредные вещества в результате реакций нейтрализации, окисления или восстановления переходят в нетоксичные продукты.

Способы регенерации отработавших сред сравнивались между собой: отстаиванием, коагуляцией, флотацией, ультрафильтрацией с предварительным осветлением самоочищающимися механическими фильтрами (рис. 9.9).

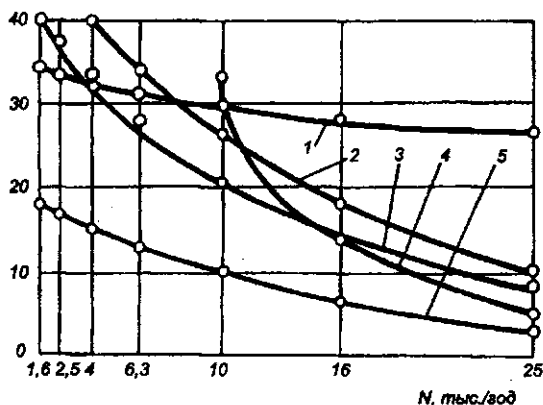


Рис. 9.9. Зависимость технологических затрат  $Z$  на суточный объем очистки раствора очистного участка от программы ремонта  $N$  двигателей с рабочим объемом 4,5 л различными способами:  
 1 – отстаиванием; 2 – коагуляцией; 3 – флотацией;  
 4 – ультрафильтрацией с предварительным осветлением;  
 5 – самоочищающимся фильтром

Критерий сравнения – технологические затраты на суточный объем отработавшего вещества ремонтного завода. При значениях объемов ремонта до 6,3 тыс. агрегатов в год наибольшие затраты связаны с примене-

нием коагуляции и флотации. При увеличении объемов ремонта свыше 6,3 тыс. ед./год наименее эффективным способом становится отстаивание. Соотношение результатов объясняется недоиспользованием мощности оборудования для коагуляции и флотации и несовершенством процесса отстаивания, связанного с малой производительностью и большими габаритами оборудования.

Способ ультрафильтрации становится эффективнее коагуляции и флотации, начиная с объемов ремонта примерно 10 тыс. ед. в год.

На всем рассматриваемом отрезке  $N$  затраты на флотационный процесс меньше затрат на коагуляцию, что объясняется меньшими затратами на вспомогательные материалы в первом случае.

Наибольшую эффективность обеспечивает применение самоочищающихся фильтров, которые ведут непрерывную очистку раствора с выделением твердой и жидкой фаз при непрерывной работе очистного оборудования. Производительность фильтров должна соответствовать объемам очищаемого вещества и интенсивности его загрязнения. Для более эффективного использования фильтров необходимо разработать из них типоразмерный ряд для применения в производстве.

Отработавшие очистные растворы нейтрализуют реагентным методом до pH 6,8...8,5 непосредственно в очистных машинах в следующей последовательности. Измеряют концентрацию щелочи или кислоты в растворе и его объем. Рассчитывают массы нейтрализующего вещества и реагента. Для нейтрализации щелочных растворов применяют серную или соляную кислоты, а для кислотных растворов – едкий натр, кальцинированную соду и 10 %-ный раствор бисульфита натрия. Нейтрализующее вещество при помощи кислотостойкого насоса подают в отработавший раствор. Раствор в течение 10 мин перемешивают с помощью поступающего в него сжатого воздуха. Водородный показатель среды определяют с помощью универсальной индикаторной бумаги. Длительность осветления 1,5...2,0 часа.

Физико-химические методы основаны на массообменных процессах адсорбции и десорбции. Они требуют дорогих реагентов и сложного оборудования, поэтому не нашли в ремонтном производстве широкого применения при очистке стоков от небольших количеств вредных веществ.

Биохимическая очистка воды происходит в железобетонном бассейне, в котором разведены колонии бактерий. В бассейн непрерывно подают воздух. Пищей для бактерий служат органические вещества, содержащиеся в стоках. Массы «ожиревших» бактерий отделяют от стоков и используют как удобрения. Отстоявшуюся воду после очистки применяют повторно или сливают в заводскую канализацию, осадки шлама утилизируют.



Почвозагрязняющие вещества проходят ионообменную очистку с образованием смешанных кристаллов и химических неактивных соединений. Промышленную очистку стоков от ионов тяжелых металлов, соединений шестивалентного хрома, кислот и щелочей обеспечивает автоматизированная установка РВК 50-032М, основное назначение которой – обезвреживание отходов гальванического и очистного участков. Установка включает блоки сбора сточных вод и концентратов, отделения загрязнений, приготовления коагулянта, и обезвоживания осадка. Блоки взаимодействуют друг с другом посредством системы трубопроводов и насосных агрегатов. Имеется пост управления. Основу установки составляет реактор-акселератор (рис. 9.10), в котором происходит восстановление шестивалентного хрома, превращение ионов тяжелых металлов в нерастворимые гидроксиды, нейтрализация кислот и щелочей и коагуляция гидроксидов. Реактор-акселератор включает камеры реакции 1, флокуляции 2 и фильтрации 3.

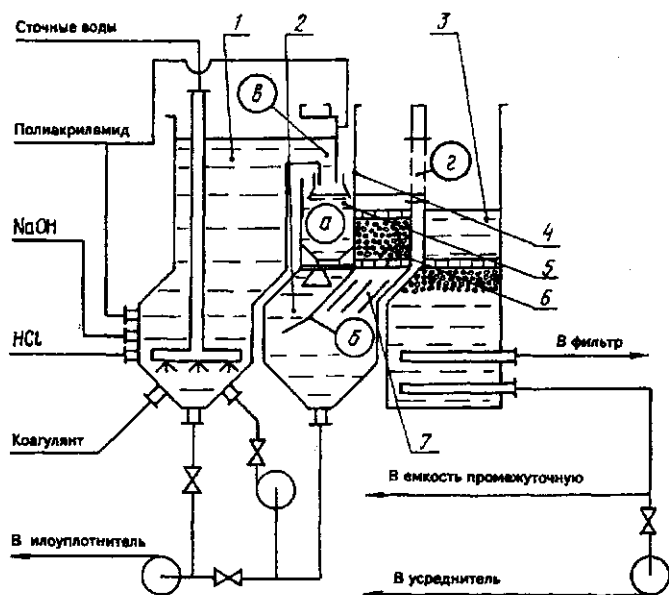


Рис. 9.10. Схема установки для обезвреживания отходов гальванического производства: а - зона флокуляции; б - зона отстаивания; в - патрубок подачи жидкости; г - окно; 1 - камера реакции; 2 - камера флокуляции; 3 - камера фильтрации; 4 - перегородка; 5 - флокулятор; 6 - фильтр отражательный; 7 - отстойник тонкослойный

Отходы нейтрализуют с помощью коагулянта – гидрата закиси железа  $\text{FeOH}$ , получаемого из стальных отходов путем электролиза. Щелочь или кислоту применяют для корректировки величины pH, а 16 %-ный раствор полиакриламида – как флокулятор. В камеру 1 подводят сточные воды, реагенты, а также рециркулируемые воды из камеры 2. Последняя разделена перегородкой 4 на две камеры: флокуляции (а) и отстойную (б). В камере (а) установлен флокулятор 5, а в камере б – отражательный фильтр 6 и тонкослойный отстойник 7. Фильтр 6 заполнен вспененным полистиролом марки ПСВ или ПСВ-С. Камера фильтрации 3 служит для финишного отделения взвесей гидроксидов из обезвреженной воды при прохождении ее через слой вспененного полистирола толщиной 0,8...0,9 м.

Процесс обезвреживания стоков начинается еще в сливном трубопроводе, в котором соединения шестивалентного хрома вместе с кислотными и щелочными отходами, ионами двухвалентного железа преобразуются в соединения трехвалентного хрома и гидроксидные соединения. Процесс продолжается в камере реакций 1, в которой составляющие при интенсивном перемешивании взаимодействуют между собой. Состав перетекает через патрубок (в) в камеру флокуляции 2, а затем в камере 3 выделяют взвешенные гидроксиды. В производство возвращают до 70 % обезвреженной воды. Желеобразные обезвреженные отходы используют в производстве строительной керамической плитки.

Ионнообменные (катионитовые и анионитовые) фильтры применяют для очистки стоков гальванического производства с созданием замкнутых систем водопользования. Они не только очищают кислотные и щелочные стоки от ионов тяжелых металлов, но и значительно снижают общее содержание.

## Глава 10

# НАПРАВЛЕНИЯ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА РЕМОНТА МАШИН И ТЕХНИЧЕСКОГО УРОВНЯ ПРОИЗВОДСТВА

### 10.1. КАЧЕСТВО РЕМОНТА ТЕХНИКИ

Нормативной послеремонтной наработки достигают только 40...60 % машин и 10...40 % их агрегатов. При этом цена их ремонта изменяется в широких пределах и составляет 6...90 % цены нового изделия. Долговечность отремонтированных агрегатов определяется долей параметров, значения которых находятся в нормативных пределах.

Часть геометрических параметров восстановленных деталей, влияющих на послеремонтную наработку агрегата, вообще осталась вне поля зрения разработчиков нормативной документации (например, отклонение от перпендикулярности и пересечения осей коренных опор блока цилиндров и отверстий под гильзы).

Функциональные выходные параметры (показатели назначения) отремонтированных агрегатов (мощность, скорость, частота, давление и расход сред и др.) соответствуют нормативам, однако эксплуатационный темп их изменения в худшую сторону превышает соответствующий темп изменения в агрегатах, введенных в эксплуатацию после их первичного изготовления.

Чистоту поверхностей деталей обеспечивают в результате надлежащего отделения эксплуатационных и технологических загрязнений с учетом их разнообразных свойств. Очистные операции на ряде заводов являются самыми непривлекательными и тяжелыми, что объясняется тепловыделением от очистных машин, большой трудоемкостью загрузки, укладки и сжигания деталей и большой влажностью воздуха в помещении. Распространенные в ремонтном производстве струйные машины потребляют необоснованно много энергии. Это объясняется тем, что рабочая температура растворов распространенных СМС должна быть 80...90 °С, имеет место значительное диспергирование очистной среды и потери от вентиляции. Наименьший расход материалов и энергии обеспечивает применение системы оборудования погружного типа для очистки внутренних и наружных поверхностей деталей от маслогрязевых и асфальтосмолистых загрязнений с непрерывной фильтрацией очистного раствора и машин ударно-диспергирующего типа для очистки поверхностей деталей от нагара и накипи.

Повышение технического уровня разборочно-очистных процессов представляет одну из ключевых проблем ремонта. Произошел негативный переход от поточной организации разборки к стационарно-постовой, что привело к снижению производительности труда и уменьшению возможности использования механизированных средств. В результате получила распространение ручная ударная разборка прессовых соединений, повреждающая детали. Сохранение остаточного ресурса деталей и сборочных единиц требует внедрения маркирования и прослеживаемости деталей, элементов необезличенного ремонта и применения механизмов для узловой разборки со статическим приложением нагрузки к деталям разъединяемых соединений. Оплата труда разборщиков должна зависеть от количества сданных ими неповрежденных деталей.

В производство не внедрены эффективные средства для очистки и контроля герметичности каналов масляной системы.

Необходима разработка и внедрение многошпindelных гайковертов для разборки групп резьбовых соединений на рабочих местах общей разборки агрегатов. Гайковерты должны собираться из унифицированных блоков. Разборка прессовых соединений должна быть полностью оснащена прессоразборочными механизмами. Такие механизмы стационарного типа наиболее эффективны на рабочих местах узловой разборки агрегатов. Технический уровень разборочного оборудования определяется давлением энергоносителей и частотой потребляемого тока.

Запас остаточной долговечности деталей, необходимый для их повторного применения, определяют на стадии определения технического состояния этих деталей. Технический уровень контрольно-сортировочного оборудования низок. При выявлении трещин в поверхностном слое металла с помощью промышленных магнито-люминесцентных или токовых вихревых средств невозможно обнаружить опасные трещины в основном металле детали среди наплавочных трещин в нанесенном покрытии. Из-за этого на восстановление направляются и те детали, которые не обладают достаточным запасом долговечности, что приводит к увеличению количества изломов деталей в эксплуатации. Наиболее актуально совершенствование средств для определения опасных усталостных трещин на шейках чугунных коленчатых валов. Необходимо совершенствовать и оборудование для выявления сквозных трещин в стенках корпусных деталей (головок и блоков цилиндров). Это оборудование устроено таким образом, что при создании замкнутого объема, в который вводят пробное вещество, стыковые поверхности детали соприка-

саются с герметизируемыми плитами. Трещины, выходящие на стыковые поверхности, закрываются и не могут быть обнаружены.

При определении технического состояния большого количества несложных деталей одного вида (например, поршневых пальцев, клапанов и толкателей) целесообразно внедрение автоматических средств с механической подачей деталей на позиции измерения и их сортировкой на годные и бракованные. Область эффективного применения автоматических средств для измерения линейных величин этих деталей начинается с объемов ремонта агрегатов 5...8 тыс. в год.

Получают распространение способы нанесения покрытий, создающие высокую износостойкость поверхностного слоя, экономичные припуски, меньшее вложение тепла в материал детали, не загрязняющие окружающую среду и обеспечивающие благоприятные условия труда на рабочих местах.

Одно из основных восстанавливаемых свойств детали – это износостойкость ее трущихся элементов. Если восстановление детали предусматривает нанесение покрытий, то одна или реже обе поверхности пары трения создают из материалов, отличающихся от материала новой детали. Как правило, в этом случае регламентируется только твердость покрытия, хотя для восстановления износостойкости поверхности этого недостаточно. Необходимо учитывать совместимость трущихся материалов, обеспечивать необходимые состав и структуру (в том числе дислокационную) их поверхностных слоев и низкое сопротивление сдвигу на границе раздела трущихся тел. Это достигается выбором материала покрытия, способа его нанесения, термической, химико-термической и механической обработки.

Высокой износостойкостью обладают покрытия, гетерогенная структура которых состоит из частиц твердой упрочняющей фазы, равномерно распределенных и прочно удерживаемых в упругопластической стальной, никелевой или кобальтовой матричной фазе. Наиболее часто роль матричной фазы выполняют твердые растворы углерода в стали, а упрочняющей – интерметаллиды или высокотвердые химические соединения – карбиды, бориды, нитриды и оксиды. Основные способы получения гетерогенных покрытий при восстановлении деталей следующие:

- создание композиций из эвтектики и избыточных фаз при наплавке. Этот способ получил наибольшее распространение;

- получение метастабильных пересыщенных твердых растворов с последующей термической обработкой. Дисперсионное твердение (выделение вторичных высокотвердых фаз) при этом дополнительно упрочняет наплавленное покрытие;

- сохранение исходного композиционного строения частиц в покрытии за счет их неполного плавления. Возможности получения таких покрытий с различным сочетанием упрочняющей и матричной фаз значительно шире, чем у покрытий, получаемых кристаллизацией из расплава;
- введение дисперсной упрочняющей фазы в гальваническое покрытие при его нанесении.

Структуру покрытий необходимо регламентировать и выборочно контролировать на образцах-свидетелях.

Для одних и тех же деталей рекомендуются различные способы создания ремонтных заготовок, в то же время каждому способу ставится в соответствие необоснованно большая номенклатура деталей. Рекомендации о применении различных способов восстановления деталей не согласованы с объемами производства. Низкое качество восстановительных покрытий объясняется неудовлетворительным выбором материала, различием действительных и расчетных значений технологических режимов протекающих процессов, что в свою очередь связано с отсутствием или большой погрешностью приборов, контролирующих значения технологических параметров, и несовершенством оборудования.

Восстановленная деталь входит составной частью в отремонтированный агрегат, который также входит в машину. Ресурсы этих систем должны быть равными друг другу с точки зрения совпадения целей систем, включающих друг друга. Однако в реальных условиях это требование часто не выдерживается. Если ресурс агрегата превышает ресурс машины, а ресурсы деталей – ресурс агрегата, то излишние ресурсы составных частей оказываются неостребованными. Чаще ресурсы составных частей машины оказываются недостаточными, что обуславливает их трудоемкую замену в эксплуатации на новые, отремонтированные или восстановленные.

Если наработка детали меньше нормативной и отстает от наработки остальных деталей агрегата, возникает потребность в повышении долговечности элементов этой детали за счет повышения износостойкости, усталостной прочности и других свойств. В общем случае под *упрочнением детали* понимают повышение значений ее физико-механических свойств, которые являются определяющими для обеспечения надежности ремонтируемого объекта. Все многообразие способов упрочнения деталей может быть сведено в три группы: нанесение износостойких покрытий; образование износостойких слоев; пластическое деформирование материала.

Процессы механической обработки восстанавливаемых деталей в большинстве случаев копируют соответствующие процессы машиностроения.

ния. К процессам механической обработки в ремонте должны быть иные подходы, чем в машиностроении, по причине различий исходных заготовок. Скорость резания при лезвийной обработке достигает 80 м/мин, а при абразивной – 50 м/с, что в 1,5...2,0 раза меньше, чем в передовых отраслях машиностроения.

Большая доля ремонтных работ связана с обработкой отверстий. В большинстве случаев их поверхности должны быть обработаны с точностью до 6-го квалитета и шероховатостью до  $Ra$  0,32 мкм. Кроме того, в корпусных деталях поверхности отверстий выполняют функции элементов, ориентирующих между собой движущиеся детали. Взаимное расположение поверхностей различных деталей определяет линейные и угловые замыкающие размеры, недопустимые значения которых приводят к нерасчетным режимам смазки, увеличенным нагрузкам в соединениях и циркуляции мощности в кинематических контурах. Эти явления вызывают снижение послеремонтной наработки агрегатов и перерасход топлива и масла. Самой точной обработке подлежат, например, отверстия в коренных опорах, втулках распределительного вала, под гильзы и толкатели в блоках цилиндров двигателей, в верхней и нижней головках шатуна, под поршневой палец в поршне. Анализ применяемого в ремонтном производстве расточного оборудования, например, станков 2Е78, РД-2, РД-53 и КИ-14574, показывает невозможность получения параметров отверстий, установленных нормативной документацией. Нормативную точность обработки обеспечивают универсальные расточные станки повышенной точности Одесского и Самарского станкостроительных заводов или специальные станки.

К снижению ресурса отремонтированных агрегатов приводит недопустимая статическая и динамическая неуравновешенность вращающихся деталей. Точность распространенных в ремонте балансировочных машин БМ-4У и КИ 4274 не соответствует современным требованиям. Нормативную точность балансировки обеспечивают станки МС-9715 и МС-9716, работающие в зарезонансном режиме. При ремонте агрегатов необходимо балансировать не только их валы, но и сборочные единицы, и сами агрегаты. Например, при ремонте двигателей необходимо балансировать коленчатые и распределительные валы (как отдельно, так и в сборе), крыльчатку и вал водяного насоса, а также двигатель в сборе.

Недостаточная точность замыкающих размеров при групповой сборке соединений объясняется отсутствием или недостаточной точностью измерительных средств. К недостающим средствам относят рычажно-зубчатые головки с ценой деления 1...2 мкм и средства пневматического контроля.

Наибольшие трудности представляет обеспечение замыкающих размеров, которые устанавливаются путем подгонки или подбора элементов, например, в соединениях «длина коренной шейки – ширина коренной опоры с упорными шайбами», «шестерни коленчатого и распределительного валов», «длина гильзы цилиндра – высота блока цилиндров», тепловой зазор в стыке поршневых колец. Необходимо иметь на комплектовочном участке непрерывно пополняемый до сменного объема запас компенсирующих элементов и индикаторные средства для определения размеров этих элементов.

Точность затяжки резьбовых соединений обеспечивают внедрением предельных и динамометрических ключей, устройств к резьбосборочным машинам для кинематического отключения привода при достижении установленного крутящего момента и стендов для контроля и проверки резьбосборочного инструмента.

Таким образом, каждый завод, заинтересованный в достижении нормативного качества отремонтированной продукции, должен разработать план повышения качества продукции, создать, внедрить и сертифицировать ее систему качества. При этом необходимо определить совокупность параметров восстанавливаемых деталей, значения которых необходимо довести до нормативных значений и предложить соответствующие меры технологического и организационного характера. Реализация этих мероприятий позволит достичь нормативного качества отремонтированных агрегатов.

## 10.2. Технический уровень производства

*Технический уровень производства* – это его относительная характеристика, полученная путем сопоставления значений показателей, характеризующих его техническое совершенство, с базовыми значениями соответствующих показателей. Базовые значения в большинстве случаев назначают директивно.

О техническом уровне предприятия косвенно судят по его производительности, качеству и себестоимости выпускаемой продукции. Технический уровень ремонтного производства, зависящий от объема предшествующей технологической подготовки, определяется разнообразием, точностью и эффективностью СТО (оборудования, оснастки и средств измерений).

Основной элемент материальной базы ремонтного производства – СТО – должен непрерывно и планомерно совершенствоваться на основе рассмотренного ранее системного методологического подхода к его разработке и созданию. Это исключит экономически необоснованный и техниче-



ски неоправданный рост многообразия типов технических устройств и их модулей, уменьшит время на создание техники, упростит ее обслуживание и ремонт. Использование в отдельности методов оптимизации состава устройств и их модулей не приводит к полному решению изучаемой проблемы.

Затраты на повышение технического уровня производства велики [40]. Даже небольшое ужесточение точности восстанавливаемых параметров требует модернизации или замены СТО, что связано с вложением значительных финансовых средств (рис. 10.1).

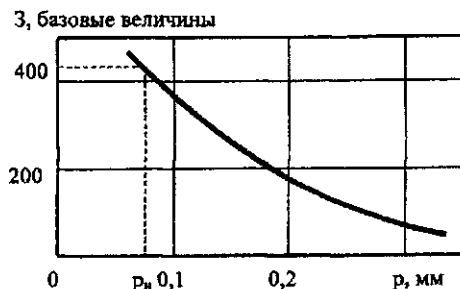


Рис. 10.1. Зависимость затрат  $Z$  на достижение точности расположения  $p$  оси отверстия под коробку передач в картере сцепления относительно оси коренных опор блока цилиндров ( $p_n = 0,08$  мм – нормативное значение)

Средства, процессы и методы, предлагаемые для внедрения в ремонтное производство в результате его подготовки, их сравнение с действующими методами приведено в таблице 10.1.

Таблица 10.1

Действующие в ремонтном производстве средства, процессы и методы, предлагаемые для внедрения в результате его подготовки

Технические объекты и процессы, методы		Источник получения эффекта
базовые	предлагаемые	
1	2	3
<i>Разборочно-очистной участок</i>		
Оборудование для струйной очистки	Оборудование для погружной очистки с активацией очистного раствора	Повышение качества и производительности очистки
—	Ленточный конвейер для перемещения метизов	Уменьшение затрат живого труда

Продолжение таблицы 10.1

1	2	3
Машины для барабанной очистки метизов с ручной загрузкой и выгрузкой	Барабано-шнековая машина для очистки метизов с их автоматической разгрузкой	Повышение качества и производительности очистки
Разборка на стационарных стендах или эстакаде	Подразборка и общая разборка на линейном конвейере Оптимальное сочетание разборочных и очистных воздействий	Уменьшение затрат живого труда Повышение качества и производительности воздействий
Гайковерты для ручной разборки	Гайковерты для одновременной разборки групп соединений	Уменьшение затрат живого труда
Ударная ручная разборка	Средства блочно-модульного типа для узловой разборки прессовых соединений	Уменьшение затрат живого труда
Машины для очистки в растворах Лабомида, потоком косточковой крошки	Машины для отделения прочных загрязнений от поверхностей деталей в расплаве щелочей и солей, потоком стеклянных шариков, в растворе кислот	Повышение качества и производительности очистки
Средства для очистки сред отстаиванием	Средства для регенерации очистных сред флотацией, коагуляцией, фильтрованием	Повышение качества и производительности очистки
<i>Сортировочный участок</i>		
Универсальные средства	Машины для полуавтоматической сортировки деталей – тел вращения Машины для пневмоконтроля отверстий в гильзах цилиндров, коренных опорах блоков цилиндров, направляющих втулках клапанов Машины для комплексных измерений параметров поршней и шатунов Машины для полуавтоматической сортировки по критерию жесткости пружин клапанов и сцеплений	Повышение производительности труда, использование остаточной долговечности деталей ремонтного фонда, уменьшение расхода запасных частей
<i>Участок восстановления деталей</i>		
Единичные машины индивидуального проектирования	Машины блочно-модульной компоновки для нанесения покрытий на поверхности основных и базовых деталей Машины с новыми схемами базирования деталей при механической обработке	Уменьшение времени и затрат на создание машин Уменьшение трудоемкости механической обработки, повышение точности расположения поверхностей

1	2	3
<i>Комплектовочно-сборочный участок</i>		
Универсальные измерительные средства	Средства для комплектования групп деталей Патентоохраняемые средства для узловой сборки изделий	Уменьшение трудоемкости процесса Повышение качества и производительности сборки
Едничные машины индивидуального проектирования	Блочнo-модульные средства для сборки резьбовых и прессовых соединений	Уменьшение объема технологической подготовки, повышение производительности сборки
<i>Обкаточно-испытательный участок</i>		
Режимы приработки, установленные руководством по капитальному ремонту	Режимы приработки на масле с активными добавками, обеспечивающие эффект безызносности	Уменьшение в два раза основного времени приработки
<i>Инженерные службы завода</i>		
Применение методов проектирования единичных машин и единичных и типовых процессов	Применение системы методов проектирования машин и процессов: структурно-параметрический метод синтеза исполнительных агрегатов (модулей) и их рядов, компоновка технологических машин и планировка производственных участков	Уменьшение объема проектных работ, уменьшение трудоемкости изготовления технологических машин и объема технологической подготовки ремонтного производства, повышение качества создаваемых машин

Около половины (~ 44 %) эффекта от применения предлагаемых технических решений создают мероприятия по восстановлению деталей, 31 % – мероприятия по определению технического состояния деталей и 11, 8 и 6 % соответственно – мероприятия по совершенствованию разборочно-очистных, обкаточно-испытательных и комплектовочно-сборочных процессов.

Внедрение предложенных мероприятий в производство приводит к снижению затрат на ремонт (в рассмотренном случае – двигателей) на 25 % при обеспечении нормативных показателей качества.

### 10.3. РЕМОНТ ЗА РУБЕЖОМ

Прогрессивные технические решения заимствуются из зарубежных предприятий, в том числе зарубежных.

Литературные сведения и отчеты специалистов, которые изучали на месте зарубежный ремонт машин, указывают на то, что он выполняется на большом числе предприятий в больших объемах и является эффективным.

### 10.3.1. Ремонтные предприятия

Только в США насчитывают более 120 тыс. ремонтных предприятий различной мощности, из которых 50 тыс. специализированы по ремонту автомобилей. Из числа приведенных 25 тыс. предприятий ремонтируют кузова, 3 тыс. – электрооборудование, 7,5 тыс. – заняты восстановлением отдельных деталей. На одном предприятии в среднем работает 15...20 человек. На крупных предприятиях выполняют около 29 % объемов капитального ремонта агрегатов, а на мелких – около 33 %.

Фирма Northwest Motor Welding (Лос-Анджелес) проводит капитальный ремонт автотракторных двигателей фирм Cummins, Caterpillar и др., выпускаемых в США и других странах. Применение современного производственного очистного, диагностического и обрабатывающего оборудования (в том числе обрабатывающих центров) с эффективной восстановительной технологией позволяет производить необезличенный капитальный ремонт техники в короткие сроки (до 14 дней) при достаточно низкой стоимости. Двигатели ремонтируют не более одного раза в течение их срока службы. Отмечается, что их послеремонтная наработка не ниже наработки новых двигателей, а иногда и превышает ее на 5...10 %. Кроме основного завода фирма имеет еще 10 филиалов в других городах.

В Чикаго находится специализированный завод фирмы International Harvester для ремонта тракторных агрегатов. На нем работают 200 человек. В цехе ежегодно ремонтируют свыше 2 тыс. двигателей, 30 тыс. карбюраторов, 25 тыс. сцеплений, 20 тыс. водяных насосов. Кроме того, восстанавливают 3 тыс. коленчатых валов. Детали восстанавливают на поточных линиях. Стоимость восстановленных деталей составляет 20...25 % от стоимости новых деталей, а ресурсы их равные. Опыт фирмы получает все большее распространение, так как приносит значительную прибыль.

Завод в Шуази-Ле-Руа (Франция) выполняет в год до 80 тыс. капитальных ремонтов двигателей автомобилей Renault. Двигатели разбирают, комплектуют и собирают на специальных подвесках. Разборка и сборка организована на постах непоточным методом. Организована двухстадийная очистка двигателей перед разборкой и четырехстадийная очистка деталей. Рабочие поверхности деталей восстанавливают способом ремонтных размеров, при этом совершенно не применяют наплавку восстанавливаемых поверхностей. Сборкой двигателей управляют со специального пультта, что обеспечивает ритмичную подачу любых сборочных единиц на сборочные позиции.

Фирма Daimler-Benz (Германия) имеет четыре завода по необезличенному капитальному ремонту двигателей. Разборку, комплектование деталями и сборку каждого двигателя ведут на одной подвесной транспортируемой раме. Приборы питания и электрооборудования отправляют для специализированного ремонта на предприятия, которые их изготовили. На заводе в Маннгейме ежегодно ремонтируют 15 тыс. дизельных двигателей после их пробега 300...500 тыс. км. Ресурсосберегающие способы ремонта с упрочнением восстанавливаемых деталей обеспечивают отремонтированным двигателям ресурс, равный ресурсу нового агрегата. Стоимость ремонта двигателя составляет 70 % от стоимости нового агрегата при условии сдачи покупателем изношенного двигателя. Если покупатель не передает фирме изношенный двигатель, то стоимость ремонта составляет 90 % стоимости нового двигателя. Фирма считает, что она производит не ремонт, а сборку новых двигателей с использованием деталей, бывших в эксплуатации.

В Великобритании на специализированных агрегатно-ремонтных предприятиях выполняют основной объем по восстановлению деталей. На заводе London Transport Board ремонтируют более 15 видов агрегатов, а также узлы грузовых автомобилей и автобусов. Ежегодно ремонтируют по 2 тыс. двигателей, коробок передач, передних и задних мостов, рулевых управлений и др. Особенность ремонта заключается в тщательном определении технического состояния ремонтного фонда, использовании маршрутной технологии восстановления деталей, обязательном предсборочном их контроле, использовании современных контрольно-измерительных средств. Все это обеспечивает высокое качество отремонтированных агрегатов. Так же организовано производство на другом специализированном авторемонтном заводе, принадлежащем фирме London Transport Cheerweek Works. Стоимость отремонтированного двигателя составляет 60 % цены нового изделия, коробки передач – 25 %, заднего моста – 30 при 90 %-ном ресурсе.

Большое значение уделяют восстановлению таких дорогостоящих, металлоемких и массовых деталей, как блоки цилиндров двигателей, колечные валы, катки, звенья гусениц, направляющие колеса. Номенклатура деталей непрерывно расширяется и охватывает те детали, которые определяют ресурс отремонтированного агрегата. Восстановление деталей характеризуется высоким техническим уровнем применяемого оборудования (высокоточные станки с программным управлением, автоматизация процессов восстановления и контроля деталей) и качеством материалов, используемых для нанесения покрытий. Это обеспечивает высокое качество деталей, позволяет фирмам нести полную ответственность за надеж-

ность машин с восстановленными деталями, выдерживать конкурентную борьбу на рынках сбыта продукции. Многие фирмы создали поточные линии восстановления деталей на своих ремонтных заводах.

Существуют и узкоспециализированные прибыльные фирмы. Фирма United Grinding восстанавливает стальные и чугунные коленчатые валы с использованием газопламенного напыления порошков. Стоимость восстановления одного кулачка составляет около 1 долл. Цена нового распределительного вала – 22...30 долл., покупная цена изношенного – 4...5 долл., поэтому стоимость восстановленного вала не превышает 50 % стоимости нового изделия.

Восстановление деталей является экономически выгодным делом во многих отраслях развитых стран. Так, на металлургическом заводе фирмы Von Roll (Швейцария) на протяжении 20 лет успешно восстанавливают детали металлургического оборудования, а авиационная компания Istery Airlines (США) организовала восстановление деталей реактивных двигателей.

Расширение номенклатуры восстанавливаемых деталей – одно из направлений деятельности фирм, производящих сельскохозяйственную и дорожно-строительную технику и грузовые автомобили. Так, на одном из крупных предприятий компании Caterpillar создан специализированный участок для восстановления с применением наплавки деталей ходовой части тракторов. На нем ежегодно восстанавливают более 1500 полотен гусениц. Здесь же организовано восстановление поддерживающих роликов. Гарантируют ресурс не ниже ресурса нового изделия.

В Японии восстановлением деталей занимается фирма Maguma. Она разрабатывает оборудование и процессы для восстановления деталей гусеничных машин. Например, фирма разработала и применяет установку для наплавки катка и направляющего колеса под слоем флюса без разборки изделия при непрерывной подаче охлаждающей жидкости внутрь его через отверстие в валах.

Концентрация и специализация восстановления деталей, развитие кооперации между предприятиями и фирмами способствуют созданию поточно-механизированных линий. В некоторых странах существуют корпорации, специализированные на восстановлении деталей. Примером служит швейцарская фирма Castolin Utecic с дочерними предприятиями в США, Германии и других странах. На 34 заводах в различных странах организовано восстановление и упрочнение деталей с использованием процессов, разработанных в исследовательском центре. В этом центре работают около 2 тыс. специалистов, силами которых выполняют научно-исследовательские

и опытно-конструкторские работы, разрабатывают технологические процессы и оборудование. В состав фирмы входят заводы, изготавливающие СТО и выпускающие сварочно-наплавочные материалы.

Выставки в Телфорде (Великобритания), организованные Federation of Engine Remanufacturers с целью показа ремонта двигателей Cummins, Detroit Diesel, Perkins и восстановления их деталей, показали, что сфера ремонта превратилась в высокоорганизованное производство. На выставках было представлено оборудование для нанесения покрытий и обработки различных деталей двигателей и их сборки, холодной правки коленчатых валов, регулировки топливной аппаратуры и осмотра поверхностей закрытых мест с их фотографированием. Сообщается, что некоторые фирмы, выпускающие новые двигатели (например, фирма Gardner), занимаются их ремонтом, а высокого качества добиваются за счет внедрения новейших технологических процессов.

Многие крупнейшие производители техники (фирмы John-Dir, Caterpillar, Kaise, Massey Ferguson, Klaas, Fiat, Volvo BM, Misubishi, Kamatsu и др.) первоочередное внимание уделяют проблеме упрочнения деталей на стадии изготовления машин, что проявляется в показателях их надежности, на порядок превышающих (особенно по наработке на отказ) значения этих показателей у отечественных машин.

### 10.3.2. Применяемые материалы и технологические процессы

За рубежом большое внимание уделяют организации и технологии восстановления деталей, постоянно увеличивают ассигнования на разработку новых материалов, процессов и оборудования.

Широко применяют полимеры. В США внедрена технология восстановления изношенных поверхностей поршней и гильз напылением полимерного покрытия – тефлона. Восстановленные соединения 35 дизельных двигателей тепловозов эксплуатировались более 26 месяцев. Проверка после этого срока показала, что двигатели находились в работоспособном состоянии. Новая технология на 30 % дешевле хромирования. Отмечено снижение этими дизелями расхода топлива.

Из полимерных материалов и клеев составляют различные комплекты для проведения ремонтных работ в эксплуатационных условиях. Однокомпонентные анаэробные пластмассы применяют для стопорения резьбовых деталей.

Для закрепления ДРД в виде зубчатых венцов используют электронно-лучевую сварку, глубина сварочного шва при этом достигает 10 мм. С помощью электронного луча упрочняют беговые дорожки клиноремненных шкивов.

Широко применяют пластическое деформирование материала, например, для восстановления размеров фасок клапанов, звездочек сельскохозяйственных машин и верхних канавок поршней под поршневое кольцо. Для повышения усталостной прочности восстанавливаемых деталей служит дробеструйная обработка. Восстановленные наплавкой валы имеют большее рассеяние значений усталостной прочности, чем новые. Дробеструйная обработка галтелей валов повышает их усталостную прочность и уменьшает разброс ее значений.

Применяют как традиционную поперечную, так и ротационную правку. Коленчатые валы правят сразу после наплавки, используя тепло остывающей заготовки, что облегчает сам процесс правки и уменьшает внутренние напряжения в материале детали. Добиваются биения коренных шеек не более 0,1 мм. Время определения усталостных трещин, предварительной механической обработки, правки, шлифования и полирования деталей составляет 5...6 ч.

При восстановлении шеек коленчатых валов применяют их вибродуговую наплавку в среде диоксида углерода проволокой DUR-650 (Германия) диаметром 1,2 мм состава, %: С – 0,36; Cr – 5,1; Mo – 1,4; W – 1,15; V – 0,4; Si – 0,75; Mn – 0,40; S и P – по 0,025 (не более); Cu – 0,2; Fe – остальное. Режим наплавки: сила тока 110 А, напряжение 19 В, скорость подачи проволоки 2 м/мин, частота вибрации электрода 75...80 Гц, частота вращения заготовки 2,5 мин<sup>-1</sup>, шаг наплавки 2,5 мм/об.

Расширяется область применения плазменной наплавки, которая развивается за счет увеличения производительности и номенклатуры используемых порошков. Одно из направлений совершенствования процесса заключается в подогреве наплавочных проволок (рис. 10.2).

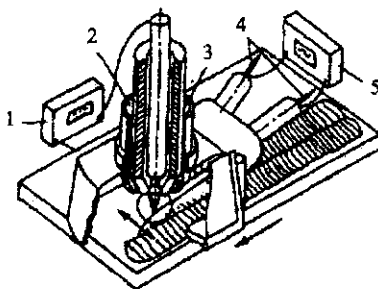


Рис. 10.2. Схема устройства для плазменной наплавки горячей проволокой:  
1 – источник питания; 2 и 3 – полости для подачи защитного и плазмообразующего газов;  
4 – наплавочные проволоки; 5 – источник подогрева проволоки



Проволоки подаются в плазменную дугу, подогретые до температуры, близкой к температуре плавления, независимым источником питания переменного тока. Использование такого источника уменьшает влияние магнитного поля на сварочную дугу, генерируемую током, протекающим по проволокам. Такая схема позволяет гибко управлять наплавкой. С помощью основного источника постоянного тока регулируют мощность дуги, а посредством ее – провар основы и форму наплавленного металла. Вспомогательный источник переменного тока позволяет изменять интенсивность плавления проволок. Производительность плазменной наплавки с подогревом материала достигает 40...50 кг/ч, уступаая наплавке под слоем флюса широкой лентой или несколькими проволоками.

В использовании материалов для плазменной наплавки прослеживается следующая тенденция: кобальтовые сплавы заменяют никелевыми, а последние в свою очередь – сплавами на железной основе для снижения стоимости материала. Иногда приводят доводы экологического характера, считая, что кобальт и никель относятся к канцерогенным веществам.

Применяют электроконтактное нанесение электрохимических покрытий из электролита состава (г/л): сульфат никеля ( $\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ) – 250; хлорид натрия ( $\text{NaCl}$ ) – 42; борная кислота ( $\text{H}_3\text{BO}_3$ ) – 45; сульфат железа ( $\text{Fe}_2\text{SO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ) – 16,4; нитрат натрия ( $\text{NaNO}_3$ ) – 10; сахарин – 4. Режим работы: частота вращения анода  $100 \text{ мин}^{-1}$ , катодная плотность тока  $5 \text{ А/дм}^2$ , температура электролита 40...50 °С, время нанесения покрытия 60 мин. Железоникелевый сплав содержит 18...25 % железа, твердость покрытия составляет 225...250 НВ. Скорость его нанесения в 3 раза выше, чем при ванном способе.

Детали после напыления проходят дробеструйную обработку частицами корунда размером 1 мм. Это необходимо для снятия внутренних напряжений, удаления защитного слоя жидкого стекла и контроля качества поверхности.

При растачивании восстанавливаемых гильз цилиндров широко используют резцы из искусственных алмазов.

Детали динамически балансируют на трехопорных стендах, которые позволяют уравнивать валы, состоящие из двух частей.

Используют термопластическое деформирование заготовок, которое создает остаточную деформацию материала, что в свою очередь приводит к увеличению или уменьшению размеров изношенных деталей на 0,1...0,2 мм в зависимости от толщины их стенок. При этом исключают термическую или химико-термическую обработку, поскольку обезуглероживание поверхности не происходит.

### 10.3.3. Особенности зарубежного ремонта

Номенклатура восстанавливаемых деталей в промышленно развитых странах непрерывно расширяется.

Доля восстанавливаемых деталей в общем объеме потребления запасных частей достигает в Японии 40 %, США, Великобритании, Германии – 30...35 %. В СССР эта доля в 1985 году была 17,8 %, в России в 2000 году она составляла 8,0 %.

Интерес представляет организация сбора ремонтного фонда. Используют три ее формы:

- *силами широкой сети дилеров.* Дилеры создают стимул для сдачи деталей владельцами техники на восстановление тем, что при продаже запасных частей или узлов снижают цены на 20...25 %. Такая форма широко распространена в США и Германии;

- *путем обмена отказавших или требующих ремонта агрегатов на новые или отремонтированные,* при этом простой машин минимальные. Весь ремонтный фонд остается на специализированных предприятиях и используется для восстановления деталей. Такую форму организации применяют ремонтные заводы компаний Lucas & Parkins (Англия), Bosch (Германия) и Vaerliette (Франция);

- *путем продажи мелкими ремонтными предприятиями изношенных дорогостоящих деталей, годных для восстановления,* крупным специализированным заводам. Для многих небольших ремонтных предприятий это мероприятие выгодно. Например, на территории Германии коленчатые валы восстанавливают только на трех специализированных предприятиях.

Особенностями ремонта двигателей за рубежом является сокращение доли процессов создания ремонтных заготовок с тепловложением в материал восстанавливаемых деталей, ограничение количества ремонтов агрегатов одним капитальным ремонтом за весь срок его службы, высокая технологическая дисциплина и широкое применение средств диагностирования. Имеет место уменьшение доли всех видов электродуговой наплавки в объеме восстановительных работ, увеличение объемов плазменной наплавки, различных видов напыления, электрофизических способов и использования полимеров.

На примере работы фирмы Deimler Benz (Германия) видно, что ремонт дизелей организуют необезличенном методом с учетом технического состояния деталей. Если их износы и деформации невелики, то восстановление организуют механической обработкой с минимальными припусками под ремонтные или номинальные размеры. Отверстия в разъемных сборочных единицах (блоках цилиндров, шатунах) вначале восстанавливают

путем фрезерования плоскостей разъема и последующего растачивания отверстия. Особое внимание уделяют определению усталостных трещин, при наличии которых детали заменяют новыми. Стыковые поверхности шлифуют со снятием припуска 0,10...0,15 мм. Нанесение покрытий применяют только при больших износах и деформациях, трудно устранимых правкой. Опорные шейки распределительных валов и трущиеся цилиндрические поверхности толкателей, которые практически не изнашиваются, при восстановлении не обрабатывают. Втулки распределительного вала заменяют. Торцы толкателей клапанов шлифуют и упрочняют азотированием. При шлифовании шеек валов применяют приборы активного контроля Mapross.

При восстановлении валов используют их правку. Широко применяют наплавку порошковыми материалами. Контролируемая наплавка тонких покрытий обеспечивает небольшой нагрев материала заготовки. Средства механизации и автоматизации процессов уменьшают трудоемкость работ. В странах Европы широко применяют электродуговое напыление, в том числе для восстановления коленчатых валов двигателей 4VD и 6VD и двигателей Д-50 и ЯМЗ-238. В качестве материала для подслоя используют стальную проволоку марки 45CrSi34 (DUR-300) диаметром 1,6 мм, которая обеспечивает прочность соединения 17...21 МПа. Основной слой напыляют из проволоки 110MnCrTi8 (DUR-600) диаметром 1,6 мм, обеспечивающей высокую износостойкость (микротвердость около 7,25 ГПа).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Необходимое условие прибыльности и конкурентоспособности предприятия – это выпуск высококачественной продукции большими объемами. Продукция будет привлекать покупателя в том случае, когда значения всех ее параметров, приведенных в конструкторской документации, находятся не только в нормативных пределах, но и лучше соответствующих значений параметров продукции конкурирующих предприятий. В таком соревновании нет предела повышения качества продукции за счет совершенствования технологических процессов производства, СТО и системы качества. Отказы техники по вине ремонтных предприятий должны быть исключены. Большие объемы выпуска продукции будут иметь место при концентрации и кооперации производства.

Выбор выпускаемой продукции и направления ее модернизации укажут маркетинговые исследования рынка продукции, места и конкурентоспособности на нем товаров. Произведенная продукция попадает в поле

зрения покупателя, который вначале обращает внимание на ее качество, затем на цену и, наконец, интересуется ее сервисом в эксплуатации.

Большое значение имеют разработка и внедрение системы качества ремонта машин с восстановлением их деталей в соответствии с требованием стандартов серии ISO 9000. Основные элементы системы следующие: политика качества, ответственность и полномочия персонала, принципы функционирования, условия идентификации и прослеживаемости продукции (исключающие ее обезличивание), управление процессами, контроль и проведение испытаний на всех стадиях жизненного цикла продукции, корректирующие и предупреждающие действия, регистрация данных о качестве, аттестация работников и всего производства. Система дает оценку и требует непрерывного повышения технического уровня СТО.

Материалы, энергия и труд в хорошо организованном производстве используются без потерь.

Высокое качество продукции обеспечивают современные и точные СТО, однако их эффективное использование предполагает полную загрузку. Намного легче организовать эффективное производство, выпускающее продукцию в больших объемах, что связано с его специализацией. Только в этих условиях обеспечивается низкая цена единицы продукции при ее высоком качестве. Средства технологического оснащения – основная часть материальной базы ремонтного производства, определяющая технический уровень этого производства. Создание дорогостоящих средств ремонта должно вестись системно.

Целесообразно организовать покупку ремонтного фонда машин у их владельцев, что даст возможность предприятиям самостоятельно торговать отремонтированной продукцией, однако определит ответственность за ее исправное состояние и послеремонтную наработку, обеспечение запасными частями и организацию технического сервиса в течение всего срока ее службы.

Формирование технической политики по созданию форм технического сервиса и рыночных структур в новых условиях хозяйствования обеспечивает экономическую заинтересованность и юридическую ответственность заводов в материально-техническом обеспечении потребителя.

В книге представлена организация подготовки специализированного ремонтного предприятия. Изучение и применение в производстве изложенных методов этой подготовки, обеспечивающих разработку технологических процессов, создание СТО и использование форм организации будут способствовать повышению технического уровня и эффективности ремонтного производства.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Аверьянов, О.И. Модульный принцип построения станков с ЧПУ / О.И. Аверьянов. – М.: Машиностроение, 1987. – 232 с.
2. Автоматизированные системы технологической подготовки производства в машиностроении / под ред. чл.-кор. АН БССР Г.К. Горанского. – М.: Машиностроение, 1976. – 240 с.
3. Алагуров, В.В. О путях дальнейшего повышения эффективности и ускорения технологического оснащения при подготовке производства изделий машиностроения / В.В. Алагуров // Всесоюзный семинар по вопросам сокращения сроков создания и освоения новой техники: тез. докл., Тула, 12 – 16 октября 1987 г. – М.: ВНИИС, 1987. – С. 79 – 82.
4. Алагуров, В.В. Функционально-модульный подход к проектированию технологического оснащения / В.В. Алагуров, М.А. Плаксин // Механизация и автоматизация производства. – 1991. – № 3. – С. 26 – 28.
5. Алагуров, В.В. От унификации изделий – к стандартизации технологической оснастки / В.В. Алагуров, И.А. Петроченко // Машиностроитель. – 1993. – № 2. – С. 5 – 8.
6. Алексеев, О.Г. Обобщенная задача размещения / О.Г. Алексеев, А.О. Алексеев, С.А. Васильковский // Автоматика и телемеханика. – 1989. – № 5. – С. 14 – 17.
7. Альтшуллер, Г.С. Найти идею: Введение в теорию решения изобретательских задач / Г.С. Альтшуллер; отв. ред. А.К. Дюнин; АН СССР, Сиб. отд-ние. – Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1986. – 209 с.
8. Базров, Б.М. Концепция модульного построения механосборочного производства / Б.М. Базров // Стандарты и качество. – 1989. – № 11. – С. 16 – 19.
9. Базров, Б.М. Модульный принцип построения механосборочного производства / Б.М. Базров // Вестник машиностроения. – 1993. – № 2. – С. 19 – 23.
10. Батищев, А.Н. Обоснование рационального способа восстановления деталей / А.Н. Батищев // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1992. – № 9 – 12. – С. 30 – 31.
11. Батищев, А.Н. Расширение полей допусков на размеры восстановленных деталей / А.Н. Батищев, И.Г. Голубев // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1994. – № 2 – 3. – С. 21 – 23.
12. Бельский, Р.Р. Унификация ремонтно-технологического оборудования в системе ремонта и технического обслуживания / Р.Р. Бельский, В.И. Черноиванов // Стандарты и качество. – 1981. – № 4. – С. 46.

13. Беллман, Р. Динамическое программирование / Р. Беллман; пер. с англ. – М.: Иностранная литература, 1960. – 400 с.
14. Беляев, Н.М. Научно-технический прогресс в ремонтно-обслуживающем производстве АПК / Н.М. Беляев // Обзорная информация. – М.: АгроНИИТЭИТО, 1990. – 60 с.
15. Бойцов, В.В. Научные основы комплексной стандартизации технологической подготовки производства / В.В. Бойцов. – М.: Машиностроение, 1982. – 172 с.
16. Буш, Г.Я. Проблемные задачи и регуляторы поиска их решений / Г.Я. Буш. – М.: ВНИПИ, 1989. – 80 с.
17. Васильев, А.Л. Модульный принцип формирования техники / А.Л. Васильев. – М.: Изд-во стандартов, 1989. – 240 с.
18. Вещунов, А.П. Служба главного технолога / А.П. Вещунов, Н.Л. Вещунова. – Л.: Лениздат, 1985. – 144 с.
19. Врагов, Ю.Д. Анализ компоновок металлорежущих станков: основы композитики / Ю.Д. Врагов. – М.: Машиностроение, 1978. – 208 с.
20. Гавриш, А.П. Автоматизация технологической подготовки машиностроительного производства / А.П. Гавриш, Ф.И. Ефремов. – Киев: Техника, 1982. – 215 с.
21. Горячев, А.Д. Техническая подготовка ремонтного производства: метод. указания / А.Д. Горячев. – Рязань, 1981. – 191 с.
22. Глазунов, В.И. Поиск принципов действия технических систем / В.И. Глазунов. – М.: Речной транспорт, 1990. – 11 с.
23. Глазунов, В.Н. Параметрический метод разрешения противоречий в технике / В.И. Глазунов. – М.: Речной транспорт, 1990. – 150 с.
24. Дюмин, И.Е. Необезличенный ремонт двигателей / И.Е. Дюмин, С.И. Слюсаренко // Автомобильный транспорт. – 1988. – № 7. – С. 40 – 42.
25. Демьянюк, Ф.С. Технологические основы поточно-автоматизированного производства / Ф.С. Демьянюк. – М.: Машиностроение, 1965. – 690 с.
26. Дергачев, А.Ф. Организация и планирование предприятий по ремонту автомобилей и дорожных машин / А.Ф. Дергачев. – М.: Транспорт, 1969. – 296 с.
27. Деревец, И.С. Организационные и экономические аспекты использования вторичных ресурсов (восстановления деталей) в ремонтно-обслуживающем производстве АПК / И.С. Деревец // Современное оборудование и технологические процессы для восстановления и упрочнения деталей машин: тез. докл. на науч.-техн. конф. стран-членов СЭВ «Ремдеталь-88», Пятигорск, 17 – 21 окт. 1988 г. – Ч. 1. – М., 1988. – С. 4 – 5.

28. Диксон, Дж. Проектирование систем: изобретательство, анализ, принятие решений / Дж. Диксон; пер. с англ. – М.: Мир, 1969. – 440 с.
29. Дружинин, В.В. Проблемы системологии: проблемы теории сложных систем / В.В. Дружинин, Д.С. Конторов. – М.: Сов. радио, 1976. – 296 с.
30. Иванов, В.П. Разработка технологического оборудования с использованием интегрального показателя качества проекта / В.П. Иванов // Стандарты и качество. – 1978. – № 4. – С. 37 – 40.
31. Иванов, В.П. Разработка агрегатированного технологического оборудования на базе оптимальных параметрических рядов агрегатов / В.П. Иванов // Стандарты и качество. – 1979. – № 4. – С. 55 – 58.
32. Иванов, В.П. Трудоемкость и себестоимость изготовления ремонтно-технологического оборудования / В.П. Иванов // Техническое обслуживание, ремонт машинно-тракторного парка и оборудования: науч.-техн. информ. сб. – М.: Информагротех, 1991. – Вып. 2. – С. 11 – 12.
33. Иванов, В.П. Ремонт поршней оправдан / В.П. Иванов // Автомобильный транспорт. – 1990. – № 12. – С. 48.
34. Иванов, В.П. Комплект деталей для ремонта двигателя ЗМЗ-53 / В.П. Иванов, В.Ф. Титов // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1990. – № 9. – С. 48 – 49.
35. Иванов, В.П. Выбор средств технологического оснащения ремонтного завода / В.П. Иванов // Вестн. машиностроения. – 1999. – № 11. – С. 42 – 45.
36. Иванов, В.П. Восстановление деталей: есть возможности расширения / В.П. Иванов // Автомобильный транспорт. – 1994. – № 10. – С. 15 – 16.
37. Иванов, В.П. Стенд для нанесения противадгезионного покрытия / В.П. Иванов // Машиностроитель. – 1994. – № 10. – С. 6.
38. Иванов, В.П. Сохранение принадлежности деталей к двигателю при ремонте / В.П. Иванов, В.Ф. Титов // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1996. – № 11. – С. 24 – 25.
39. Иванов, В.П. Утилизация сточных вод ремонтного предприятия путем их сжигания в смеси с топочным мазутом / В.П. Иванов, В.В. Доморацкий // Агропанорама. – 1999. – № 3. – С. 10 – 13.
40. Иванов, В.П. Цена качества ремонта / В.П. Иванов // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1999. – № 7. – С. 23 – 25.
41. Иванов, В.П. Ресурсосбережение в ремонтном производстве / В.П. Иванов // Вестн. акад. аграрных наук Респ. Беларусь. – 2000. – № 1. – С. 77 – 81.
42. Иванов, В.П. Сбережение остаточного ресурса деталей и сопряжений / В.П. Иванов // Агропанорама. – 2000. – № 2. – С. 15 – 18.

43. Иванов, В.П. Экологическая безопасность ремонтного производства: проблемы и решения / В.П. Иванов, В.В. Доморацкий // Тяжелое машиностроение. – 2000. – № 2. – С. 15 – 18.
44. Изобретающая машина. – Минск: IMLab, 1993. – 12 с.
45. Ипатов, М.И. Экономика, организация и планирование технологической подготовки производства: учеб. пособие для машиностроит. спец. вузов / М.И. Ипатов, О.Г. Туровец. – М.: Высш. шк., 1987. – 318 с.
46. Общее руководство качеством и стандарты по обеспечению качества: ИСО 9000-1, 1994. – Ч. 1: Руководящие указания по выбору и применению.
47. Общее руководство качеством и элементы системы качества: ИСО 9004-1, 1991. – Ч. 1: Руководящие указания.
48. Общее руководство качеством и стандарты по обеспечению качества: ИСО 9000-2, 1993. – Ч. 2: Общие руководящие указания по применению ИСО 9001, ИСО 9002 и ИСО 9003.
49. Какуевичкий, В.А. Ресурсосберегающие технологии восстановления деталей автомобилей / В.А. Какуевичкий. – М.: Транспорт, 1993. – 176 с.
50. Какуевичкий, В.А. Восстановление деталей автомобилей на специализированных предприятиях / В.А. Какуевичкий. – М.: Транспорт, 1988. – 149 с.
51. Классификатор ЕСКД: класс 71 // Детали – тела вращения типа колец, дисков, шкивов, блоков стержней, втулок, стаканов, колонок, валов, осей, штоков, шпинделей и др. – М.: Изд-во стандартов, 1986. – 103 с.
52. Классификатор ЕСКД: класс 74 // Детали – не тела вращения: плоскостные; рычажные, грузовые, тяговые; аэрогидродинамические; изогнутые из листов, полос и лент; профильные; трубы. – М.: Изд-во стандартов, 1986. – 95 с.
53. Конкин, Ю.А. Экономика взаимоотношений в сфере ремонта машин / Ю.А. Конкин // Современное оборудование и технологические процессы для восстановления и упрочнения деталей машин: тез. докл. на науч.-техн. конф. стран-членов СЭВ «Ремдеталь-88», Пятигорск, 17 – 21 окт. 1988 г. – М., 1988. – Ч. 1. – С. 3 – 4.
54. Конкин, Ю.А. Экономика ремонта сельскохозяйственной техники / Ю.А. Конкин. – 4-е изд. – М.: Агропромиздат, 1990. – 365 с.
55. Организация и планирование производства на ремонтных предприятиях / Ю.А. Конкин [и др.]; под ред. Ю.А. Конкина. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Колос, 1981. – 155 с.



56. Крюков, В.П. Технологическая подготовка авторемонтного производства / В.П. Крюков, Н.И. Федин. – М.: МАДИ, 1980. – 87 с.
57. Кузнецов, Ю.Н. Структурный синтез компоновок многоцелевых токарных автоматов / Ю.Н. Кузнецов, С.В. Мирошниченко // Станки и инструмент. – 1993. – № 6. – С. 4 – 7, 43.
58. Технология авторемонтного производства: учебник / К.Т. Кошкин [и др.]. – М.: Транспорт, 1969. – 568 с.
59. Коробко, В.И. Технологическое оснащение ремонтного производства / В.И. Коробко, В.П. Иванов, В.И. Семсенов. – Минск: Универсітэцкае, 1994. – 140 с.
60. Коробко, В.И. Принципы проектирования средств технологического оснащения ремонтного производства / В.И. Коробко, В.П. Иванов // Восстановление деталей и техническое обслуживание машин, используемых в сельском хозяйстве: тр. ГОСНИТИ. – М.: ГОСНИТИ, 1992. – Т. 92. – С. 118 – 125.
61. Кофман, А. Сетевые методы планирования / А. Кофман, Г. Дебазей. – М.: Прогресс, 1968. – 182 с.
62. Левитский, И.С. Организация ремонта и проектирование сельскохозяйственных ремонтных предприятий / И.С. Левитский. – 3-е изд. – М.: Колос, 1977. – 240 с.
63. Майника, М. Алгоритмы оптимизации на сетях и графах / М. Майника. – М.: Мир, 1981. – 323 с.
64. Малышев, Г.А. Теория авторемонтного производства / Г.А. Малышев. – М.: Транспорт, 1977. – 224 с.
65. Маргвелидзе, У.П. Совершенствование технологической подготовки ремонтного производства / У.П. Маргвелидзе, В.М. Фонарев // тр. ГОСНИТИ. – Т. 65. – 1981. – С. 64 – 69.
66. Масино, М.А. Повышение долговечности автомобильных деталей при ремонте / М.А. Масино. – М.: Транспорт, 1972. – 148 с.
67. Масино, М.А. Организация восстановления автомобильных деталей / М.А. Масино. – М.: Транспорт, 1971. – 176 с.
68. Математическая теория оптимальных процессов / Л.С. Понтрягин [и др.]. – 4-е изд. – М.: Наука, 1983. – 392 с.
69. Методика определения надежности отремонтированных автомобилей. – М.: ГОСНИТИ, 1975. – 79 с.
70. Митрофанов, С.П. Автоматизация технологической подготовки серийного производства / С.П. Митрофанов, Ю.А. Гульнов, Д.Д. Куликов. – М.: Машиностроение, 1974. – 360 с.

71. Митрофанов, С.П. Научные основы технологической подготовки группового производства / С.П. Митрофанов. – М.: Машиностроение, 1965. – 395 с.
72. Митрофанов, С.П. Групповая технология машиностроительного производства: в 2-х т. / С.П. Митрофанов. – 3-е изд., перераб. и доп. – Л.: Машиностроение, 1983. – Т. 1. – 404 с.
73. Молодык, Н.В. Методические основы технологической подготовки производств восстановления деталей / Н.В. Молодык // Современное оборудование и технологические процессы для восстановления и упрочнения деталей машин «Ремдеталь-88»: тез. докл. на науч.-техн. конф. стран-членов СЭВ, Пятигорск, 17 – 21 окт. 1988 г. – М., 1988. – Ч. 1. – С. 42 – 43.
74. Молодык, Н.В. Научные основы технологической подготовки производства по восстановлению деталей / Н.В. Молодык // Современное оборудование и технологические процессы для восстановления изношенных деталей: тез. докл. на науч.-техн. конф. стран-членов СЭВ, Киев, 17 – 22 мая 1983 г. – М., 1983. – Ч. 1. – С. 68 – 69.
75. Нигородов, В.В. Опыт необезличенного ремонта машинно-тракторного парка и его агрегатов / В.В. Нигородов, Р.Н. Фридбург // Обзорная информация. – М.: ЦНИИТЭИ, 1985. – 32 с.
76. Пантелеенко, Ф.И. Теоретические и технологические основы получения самофлосующихся порошков на железной основе диффузионным легированием и разработка износостойких композиционных покрытий из них: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.16.06 / Ф.И. Пантелеенко. – Минск: БРНПОПМ, 1992. – 40 с.
77. Петерсон, Дж. Теория сетей Петри и моделирование систем / Дж. Петерсон. – М.: Мир, 1984. – 264 с.
78. Половинкин, А.И. Основы инженерного творчества / А.И. Половинкин. – М.: Машиностроение, 1988. – 368 с.
79. Полушанов, Ф.П. Научные основы технологической подготовки многономенклатурного производства по восстановлению деталей / Ф.П. Полушанов // Состояние и перспективы восстановления и упрочнения деталей машин: материалы конф. – Ч. 1. – М.: Общество «Знание» Российской Федерации, 1994. – С. 8 – 13.
80. Поточно-механизированные линии и ремонтно-технологическое оборудование для восстановления деталей: каталог. – М.: ГОСНИТИ, 1976. – 147 с.

81. Поточно-механизированные линии и оборудование для восстановления изношенных деталей автомобилей, тракторов и сельскохозяйственных машин. – М.: ЦНИИТЭИ, 1984. – 340 с.
82. Рекомендации по использованию производственных мощностей ремонтных предприятий. – М.: ГОСНИТИ, 1977. – 195 с.
83. Справочник технолога-машиностроителя: в 2 т. / Ю.А. Абрамов [и др.]; под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – Т. 2. – М.: Машиностроение, 1986. – 496 с.
84. Системы автоматизированного проектирования технологических процессов, приспособлений и режущих инструментов / С.Н. Корчак [и др.]; под общ. ред. С.Н. Корчака. – М.: Машиностроение, 1988. – 352 с.
85. Сабеев, К.Г. Технологическая подготовка производства восстановления изношенных деталей автомобилей, тракторов и другой сельскохозяйственной техники / К.Г. Сабеев // ПКТИ «Молдсельхозпроект». – Кишинев. – 13 с. – Деп. в АгроНИИТЭИИТО 08.08.88, № 359 сх.
86. Соколовский, А.П. Проблемы типизации технологических процессов / А.П. Соколовский. – Л.: ЛОНИТОМАШ, 1938. – 250 с.
87. Сотсков, Ю.Н. Математические модели и методы календарного планирования: учеб. пособие / Ю.Н. Сотсков, В.А. Струсевиц, В.С. Танаев. – Минск: Універсітэцкае, 1994. – 232 с.
88. Технологическая подготовка гибких производственных систем / С.П. Митрофанов [и др.]; под ред. С.П. Митрофанова. – Л.: Машиностроение. – 1987. – 351 с.
89. Ханзен, Ф. Основы общей методики конструирования / Ф. Ханзен. – Л.: Машиностроение, 1969. – 166 с.
90. Хомяков, В.С. Кодирование компоновок станков при их автоматическом проектировании / В.С. Хомяков, И.И. Давыдов // Станки и инструмент. – 1989. – № 9. – С. 8 – 11.
91. Цветков, В.Д. Системно-структурное моделирование и автоматизация проектирования технологических процессов / В.Д. Цветков. – Минск: Наука и техника, 1979. – 264 с.
92. Черепанов, С.С. Организация специализированного ремонтного производства / С.С. Черепанов. – М.: Колос, 1972. – 286 с.
93. Черноиванов, В.И. Проблемы технического сервиса на современном этапе развития АПК / В.И. Черноиванов // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1993. – № 9. – С. 3 – 6.

94. Эйлоарт, Д. Приемы настройки творческого инженерного коллектива / Д. Эйлоарт // Изобретатель и рационализатор. – 1970. – № 5. – С. 28 – 29, 40.
95. Das Spannsystem aus dem Baykastenfurflexible Werkstückspannung // Dtsch. Maschinenwelt. – 1992. – 69, № 10. – S. 32 – 33.
96. Deming W. Ed. Quality, Prodyctivity and Competitive Position (Cambridg, Mass, M.I. Center for Advanced Engineering Study, 1982.
97. Computer – Aided Process Planning // Mod.Mach. Shop. – 1993. – 66, № 1. – С. 162.
98. Festigungsprozessgestaltung und Informationsverarbeitung / Detlef Kochan. H. – I. Iakobs (Berlin), 1978.
99. Gordon W.I.I. "Sinectics", Harperand Brothers, New York, 1961.
100. Manufacturing and design join forces/Mason Frederick // Amer. Mach. – 1993. – 137, № 9. – С. 34, 36 – 38.
101. Nouvelle strategie de produits ches Index/Moduord Alain // Mach. prod. – 1994. – № 614. – С. 37 – 40.
102. Osborn A.F. Applied Imagination, New York, 1963, Scribener's Sans.
103. Random effekts in innovetion process / Ebeling Werner // J. Sci and Ind. Res. – 1992. – 51, № 3. – С. 209 – 215.
104. The cadcam process / Barry Hawkes (Pitman). – 1988.
105. Zwicky F. Entdecken, Erfinden, Torschen im morphologischen Wettbild. Munchen – Zurich, Knaur, 1966.
106. Zwischen CAD und CAM // Masch. – Anlag. + Verfahr. 1992. – № 7 – 8. – S. 85.

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	3
Глава 1. ПОДГОТОВКА РЕМОНТНОГО ПРОИЗВОДСТВА, ЕЕ СОДЕРЖАНИЕ И ВИДЫ .....	5
1.1. Ремонт машин и его необходимость.....	5
1.1.1. Определение и виды ремонта машин .....	5
1.1.2. Необходимость ремонта .....	7
1.2. Структура ремонтного производства .....	8
1.2.1. Ремонтное производство .....	8
1.2.2. Состав ремонтного предприятия .....	9
1.3. Виды и особенности подготовки ремонтного производства .....	14
1.3.1. Виды подготовки ремонтного производства.....	15
1.3.2. Отличительные признаки подготовки ремонтного производства.....	17
1.3.3. Модель отношений объектов подготовки производства.....	20
1.4. Обзор работ по подготовке ремонтного производства.....	23
Глава 2. ВЛИЯНИЕ ПОДГОТОВКИ НА РЕЗУЛЬТАТЫ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ .....	27
2.1. Влияние подготовки на качество ремонта техники .....	27
2.1.1. Анализ качества ремонта техники .....	27
2.1.2. Обсуждение результатов анализа .....	34
2.2. Расчет и развитие производственной мощности предприятия.....	37
2.3. Роль подготовки в снижении расхода производственных ресурсов.....	41
Глава 3. МАРКЕТИНГОВАЯ И КОНСТРУКТОРСКАЯ ПОДГОТОВКА РЕМОНТНОГО ПРОИЗВОДСТВА.....	44
3.1. Маркетинговая подготовка .....	44
3.1.1. Потребность в ремонте техники .....	44
3.1.2. Маркетинговые исследования рынка продукции и услуг.....	45
3.2. Конструкторская подготовка .....	47
3.2.1. Содержание конструкторской подготовки .....	47
3.2.2. Нормативная и ремонтная документация .....	48
3.2.3. Испытания продукции при постановке ее на производство .....	50
Глава 4. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ПОДГОТОВКА РЕМОНТНОГО ПРОИЗВОДСТВА .....	51
4.1. Содержание технологической подготовки.....	51
4.1.1. Определение, цель и содержание технологической подготовки.....	51
4.1.2. Объемы технологической подготовки .....	55
4.2. Разработка и оптимизация технологических процессов .....	57
4.2.1. Исходные данные и последовательность проектирования технологического процесса .....	58
4.2.2. Структура технологического процесса, его синтез и оптимизация .....	58
4.2.3. Пример синтеза и оптимизации технологического процесса.....	61

4.3. Технологическая документация .....	65
4.3.1. Виды и содержание технологических документов .....	65
4.3.2. Технологическая унификация .....	70
4.4. Организация технологической подготовки .....	74
4.4.1. Планирование технологической подготовки производства ...	74
4.4.2. Внедрение мероприятий по подготовке ремонтного производства .....	77
4.4.3. Контроль хода технологической подготовки производства .....	79
4.4.4. Испытания продукции, подтверждающие технологическую готовность производства.....	80
<b>Глава 5. СОЗДАНИЕ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ СРЕДСТВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОСНАЩЕНИЯ РЕМОТНОГО ЗАВОДА....</b>	<b>81</b>
5.1. Характеристика средств технологического оснащения.....	81
5.1.1. Состав, назначение и виды средств ремонта .....	81
5.1.2. Классификация системы средств технологического оснащения.....	89
5.2. Проектирование единичных средств технологического оснащения .....	105
5.2.1. Проектирование приспособлений .....	106
5.2.2. Проектирование стандов (технологических машин) .....	110
5.2.3. Проектирование специальных средств измерений .....	113
5.3. Проектирование системы средств ремонта.....	116
5.3.1. Основы методологии создания средств ремонта.....	116
5.3.2. Структурный синтез исполнительных агрегатов (модулей) средств технологического оснащения .....	121
5.3.3. Параметрический синтез рядов исполнительных агрегатов .....	131
5.3.4. Система исполнительных агрегатов технологических машин.....	138
5.3.5. Компонование технологических машин .....	142
5.4. Порядок выбора, заказа и приобретения специального оборудования.....	147
<b>Глава 6. ОРГАНИЗАЦИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ СРЕДСТВ РЕМОНТА В ВСПОМОГАТЕЛЬНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ .....</b>	<b>149</b>
6.1. Стоимость и трудоемкость изготовления средств ремонта .....	149
6.2. Трудоемкость технологической подготовки участков (рабочих мест) ремонтного производства.....	152
6.3. Мощность инструментального участка и состав его участков и оборудования .....	155
<b>Глава 7. СИСТЕМА КАЧЕСТВА РЕМОНТА МАШИН .....</b>	<b>158</b>
7.1. Качество и технический уровень продукции .....	158
7.2. Показатели качества и методы его оценки.....	160
7.3. Содержание системы качества ремонта машин.....	162
7.3.1. Определение и структура системы качества .....	163
7.3.2. Концепция и политика системы качества.....	165
7.3.3. Ответственность за качество и полномочия работников .....	168
7.3.4. Наблюдение за продукцией на стадиях ее жизненного цикла ...	169
7.3.5. Аттестация производства и организация контроля качества.....	172
7.4. Сертификация системы качества .....	174

Глава 8. ОРГАНИЗАЦИОННАЯ ПОДГОТОВКА РЕМОНТНОГО ПРОИЗВОДСТВА.....	177
8.1. Содержание и принципы организации ремонтного производства.....	177
8.1.1. Цель и задачи организации производства и ее подготовка.....	177
8.1.2. Концентрация, специализация и кооперация производства ....	180
8.2. Индустриальное восстановление деталей .....	182
8.2.1. Условия организации индустриального восстановления деталей.....	182
8.2.2. Поточно-механизированные линии.....	187
8.2.3. Пример поточно-механизированной линии .....	189
8.3. Организация производства в пространстве .....	191
8.3.1. Заполнение объема здания .....	191
8.3.2. Расположение производственных участков в здании.....	192
8.4. Организация производства во времени.....	195
8.5. Подготовка поточного производства .....	196
Глава 9. РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ РЕМОНТНОГО ПРОИЗВОДСТВА И ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ .....	199
9.1. Анализ расхода производственных ресурсов .....	199
9.1.1. Определение и виды производственных ресурсов .....	199
9.1.2. Нормирование и учет производственных ресурсов .....	202
9.2. Мероприятия, обеспечивающие уменьшение потребления производственных ресурсов.....	204
9.2.1. Углубленное определение состояния деталей и сборочных единиц ремонтного фонда .....	205
9.2.2. Учет технического состояния исходных заготовок при восстановлении деталей .....	209
9.2.3. Восстановление малоресурсных деталей .....	212
9.2.4. Организация необезличенного ремонта .....	218
9.2.5. Материалосберегающие мероприятия .....	226
9.2.6. Сбережение электрической и тепловой энергии .....	230
9.2.7. Экономия труда .....	232
9.3. Отходы производства .....	233
9.4. Обезвреживание отходов .....	235
Глава 10. НАПРАВЛЕНИЯ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА РЕМОНТА МАШИН И ТЕХНИЧЕСКОГО УРОВНЯ ПРОИЗВОДСТВА.....	243
10.1. Качество ремонта техники.....	243
10.2. Технический уровень производства .....	248
10.3. Ремонт за рубежом .....	251
10.3.1. Ремонтные предприятия .....	252
10.3.2. Применяемые материалы и технологические процессы.....	255
10.3.3. Особенности зарубежного ремонта .....	258
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ</b> .....	259
<b>ЛИТЕРАТУРА</b> .....	261