

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

В. В. Раповец

ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ И РЕМОНТ ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩЕГО ОБОРУДОВАНИЯ

*Рекомендовано
учебно-методическим объединением по образованию
в области природопользования и лесного хозяйства
в качестве учебно-методического пособия
для студентов учреждений высшего образования
по специальности 1-36 05 01 «Машины и оборудование лесного
комплекса» специализации 1-36 05 01 03 «Машины
и оборудование деревообрабатывающей промышленности»*

Минск 2020

УДК 621.914.02:621.914.3:674.093(075.8)

ББК 37.130.5+37.132я73

P23

Рецензенты:

кафедра инновационных процессов филиала БНТУ
«Институт повышения квалификации и переподготовки кадров
по новым направлениям развития техники, технологии
и экономики» (кандидат технических наук,
заведующий кафедрой *С. С. Карпович*);

доктор технических наук, заведующий лабораторией
синтеза технических систем ГНУ «Объединенный институт
проблем информатики Национальной академии наук Беларуси»

С. В. Медведев

Все права на данное издание защищены. Воспроизведение всей книги или ее части не может быть осуществлено без разрешения учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет».

Раповец, В. В.

P23 Техническая эксплуатация и ремонт деревообрабатывающего оборудования : учеб.-метод. пособие для студентов специальности 1-36 05 01 «Машины и оборудование лесного комплекса» специализации 1-36 05 01 03 «Машины и оборудование деревообрабатывающей промышленности» / В. В. Раповец. – Минск : БГТУ, 2020. – 91 с.

ISBN 978-985-530-808-0.

Учебно-методическое пособие по технической эксплуатации и ремонту деревообрабатывающего оборудования позволит студентам выполнить курсовой проект, спроектировать техническое устройство или приспособление для осуществления монтажа восстанавливаемых после износа детали и узла.

Пособие предназначено для студентов IV и V курсов специальности 1-36 05 01 «Машины и оборудование лесного комплекса» специализации 1-36 05 01 03 «Машины и оборудование деревообрабатывающей промышленности», а также будет полезно для студентов второй ступени высшего образования.

УДК 621.914.02:621.914.3:674.093(075.8)

ББК 37.130.5+37.132я73

ISBN 978-985-530-808-0

© УО «Белорусский государственный технологический университет», 2020

© Раповец В. В., 2020

ПРЕДИСЛОВИЕ

Курсовое проектирование является одной из важнейших стадий изучения дисциплины. Представленное пособие ставит своей целью закрепить и углубить теоретические знания и развить навыки самостоятельной разработки вопросов планирования и организации ремонтной службы деревообрабатывающего предприятия, проектирования приспособлений, предназначенных для монтажа и демонтажа основных функциональных узлов деревообрабатывающих машин, полученные студентами на лекционных и практических занятиях, а также при самостоятельном изучении технической литературы.

В учебно-методическом пособии рассмотрены основные положения организации системы планово-предупредительного ремонта. Должное внимание уделено составлению годового плана графика ремонта оборудования и расчету необходимых трудозатрат. Проанализированы звенья и узлы ремонтируемого оборудования, выполнен расчет режимов их работы. Рассмотрены примеры современных технологий и методов, применяемых для восстановления деталей оборудования.

Приведены методические указания и общие подходы к расчету ремонтируемых сопряжений в узлах станка, усилий при монтаже деталей, а также рассмотрен силовой прочностный расчет проектируемого монтажного приспособления или устройства. Для наглядности и доступности освоения предложенных методик в пособие включены примеры расчетов, необходимых для выполнения курсового проекта.

Учебно-методическое пособие востребовано при проведении практических занятий по дисциплине «Техническая эксплуатация и ремонт деревоперерабатывающего оборудования», выполнении курсовых и дипломных проектов, а также самостоятельной работе студентов.

1. ОБЩАЯ ЧАСТЬ

1.1. Основные положения организации системы планово-предупредительного ремонта оборудования

В Республике Беларусь на деревообрабатывающих предприятиях действует система планово-предупредительного ремонта (ППР), которая отражает специфику конкретного производства и способствует повышению долговечности при эксплуатации высокопроизводительного деревообрабатывающего оборудования.

Основой организации ремонтного хозяйства является система технического обслуживания и ремонта – совокупность взаимосвязанных средств, документации технического обслуживания и ремонта, и исполнителей, необходимых для поддержания качества (работоспособности) машин и оборудования (изделий). Целью функционирования данной системы является обеспечение требуемого уровня надежности изделия в заданных условиях эксплуатации при минимальных удельных затратах на техническое обслуживание и ремонт.

Система технического обслуживания и ремонта является составной частью более крупной системы эксплуатации изделия (машин, оборудования). Под эксплуатацией понимается стадия жизненного цикла изделия, на которой реализуется, поддерживается и восстанавливается его качество. В общем случае она включает использование по назначению и техническую эксплуатацию, т. е. транспортирование, хранение, техническое обслуживание и ремонт изделия.

Исправное состояние и работоспособность машин и оборудования в течение всего периода их эксплуатации обеспечивается техническим воздействием, подразделяемым на техническое обслуживание (осмотры) и ремонты.

Техническое обслуживание (ТО) – это комплекс операций или операция по поддержанию работоспособности или исправности изделия при использовании по назначению, ожидании, хранении и транспортировании.

Различают следующие виды технического обслуживания:

– периодическое – выполняемое через установленные в эксплуатационной документации значения наработки или интервалы времени;

– регламентированное – предусмотренное в нормативно-технической и эксплуатационной документации и выполняемое с периодичностью и в объеме, установленными в ней, независимо от технического состояния изделия в момент начала технического обслуживания;

– сезонное – осуществляемое для подготовки изделия к использованию в осенне-зимних и весенне-летних условиях.

Техническое обслуживание может быть плановым, если постановка на него машин и оборудования осуществляется в соответствии с требованиями нормативно-технической или эксплуатационной документации, и внеплановым – без предварительного назначения по техническому состоянию.

Ремонт – это комплекс операций по восстановлению исправности или работоспособности и восстановлению ресурсов изделий или их составных частей. Его производят, если дальнейшая эксплуатация машин и оборудования невозможна из-за изношенности, поломки, или не дожидаясь выхода из строя. В первом случае способ восстановления технического состояния получил название «по потребности» (техническому состоянию) – экспертным путем или с помощью измерителей, установленных на оборудовании, проводится оценка его состояния. На основании этой оценки делается прогноз, когда это оборудование надо выводить в ремонт. Плюсы этого вида обслуживания – его себестоимость меньше, а готовность оборудования к выполнению производственных программ достаточно высока. Во втором случае его называют «регламентированным» (планово-предупредительным), поскольку выполняют его заблаговременно, независимо от технического состояния изделия в момент начала ремонта. Любой актив имеет паспорт производителя, где описано, в каком режиме и какое обслуживание необходимо выполнять для поддержания работоспособности оборудования, такой вид обслуживания дает самый высокий процент готовности оборудования, но он и самый дорогой, поскольку реальное состояние оборудования может и не требовать ремонта.

В соответствии с характером выполняемых работ и степенью восстановления ресурса различают следующие виды ремонта:

1) капитальный, выполняемый для восстановления исправности и полного, или близкого к полному, прежнего ресурса изделия

с заменой или восстановлением любых его частей, включая базовые, сборка, регулировка и испытание оборудования под нагрузкой. Затраты на капитальный ремонт осуществляются предприятием за счет производимых им амортизационных отчислений. В течение года капитальному ремонту подвергается около 10–12% установленного оборудования. При капитальном ремонте восстанавливают предусмотренные ГОСТ или ТУ геометрическую точность, мощность и производительность оборудования на срок до очередного планового среднего или капитального ремонта. Капитальный ремонт – это наибольший по объему и сложности вид ремонта. При нем полностью разбирается оборудование, заменяются все изношенные детали и узлы, производится регулировка механизмов для восстановления полного или близко к полному ресурсу. Обычно он сопровождается модернизацией оборудования;

2) средний ремонт производится для восстановления неисправности и частично ресурса изделий с заменой или ремонтом составных частей ограниченной номенклатуры и контролем их технического состояния, выполняемом в полном объеме, установлено в нормативно-технической документации. Он связан с разборкой, сборкой и выверкой отдельных частей, регулировкой и испытанием оборудования под нагрузкой. Этот вид ремонта проводится по специальной ведомости дефектов и заранее составленной смете затрат в соответствии с планом-графиком ремонтов оборудования. Затраты на ремонты, проводимые с периодичностью менее 1 года, включаются в себестоимость продукции, выпускаемой на этом оборудовании, а с периодичностью более 1 года – за счет амортизационных отчислений. В течение года среднему ремонту подвергается около 20–25% установленного оборудования;

3) текущий (называют малым) – ремонт, осуществляемый для восстановления или обеспечения работоспособности изделия и состоящий в замене и (или) восстановлении отдельных частей оборудования (устранении неисправностей). Как правило, он проводится без простоя оборудования (в нерабочее время). В течение года текущему ремонту подвергается 90–100% технологического оборудования. Затраты на такой вид ремонта включаются в себестоимость продукции, выпускаемой на этом оборудовании.

Кроме указанных видов ремонта существует восстановительный ремонт. Необходимость в нем возникает вследствие стихий-

ного бедствия (пожар, наводнение, землетрясение, ураган и т. п.). Такой ремонт не может финансироваться за счет амортизационных отчислений, так как их нормы учитывают лишь нормальный износ. Поэтому восстановительный ремонт финансируется за счет специальных отчислений, выделяемых из бюджета.

Под модернизацией оборудования понимается внесение в конструкцию машин изменений с целью частичной ликвидации последствий морального износа.

Типовые проекты модернизации оборудования разрабатываются в централизованном порядке предприятиями, изготавливающими данное оборудование. Проекты частичной модернизации могут разрабатываться силами машиностроительных предприятий, эксплуатирующих соответствующее оборудование. Для оценки сложности ремонта оборудования, его ремонтных особенностей введена категория сложности ремонта R , которая определяется по техническим характеристикам оборудования на основе расчетных формул. В каждой группе оборудования один из станков принят за эталон, которому по системе ППР установлена категория сложности ремонта.

Так, для металлообрабатывающего станочного парка за эталон принята ремонтная сложность токарно-винторезного станка 16К20, с наибольшим диаметром обрабатываемой детали 400 мм и расстоянием между центрами 1000 мм. Станку-эталону по системе ППР присвоена 11-я категория сложности по механической части. Категорию сложности любого станка устанавливают путем сопоставления его со станком-эталонном. Категория сложности оборудования записывается в его техническом паспорте.

Ремонт (капитальный, средний, текущий) может быть плановым, постановка на который осуществляется в соответствии с требованиями нормативно-технической документации (ГОСТ 18322–78), и внеплановым, постановка на который производится без предварительного назначения. Внеплановый ремонт – вид ремонта, вызванный аварией оборудования, или не предусмотренный годовым планом ремонт. При правильной организации ремонтных работ в строгом соответствии с системой планово-предупредительных ремонтов внеплановые ремонты не должны иметь места.

Для планирования и расчетов объема ремонтных работ вводится понятие «ремонтная единица» – r (р. е.), т. е. показатель,

характеризующий нормативные затраты на ремонт оборудования первой категории сложности. Таким образом, категория сложности ремонта R показывает, во сколько раз трудоемкость ремонта данной модели оборудования превышает трудоемкость ремонтной единицы r .

Нормы затрат труда по видам ремонта и профилактических операций устанавливаются на одну ремонтную единицу в зависимости от вида работ.

Нормативы простоя устанавливаются для определенных условий (состав ремонтной бригады, технология ремонта, организационно-технические условия и т. п.) и дифференцируются для оборудования неавтоматизированного производства и вывода оборудования в ремонт по участкам. Они устанавливаются для различных видов ремонтов и ремонтных операций и различной сменности работы ремонтных бригад.

Единой системой ППР предусматриваются нормы продолжительности простоя оборудования в ремонте в сутках.

Единой системой ППР установлены также нормативы по межремонтному обслуживанию. Объем работ по межремонтному обслуживанию не может быть точно регламентирован и определен. В связи с этим количество рабочих (станочников, слесарей, смазчиков, шорников) определяется по нормам обслуживания.

В плане ремонтных работ определяются следующие основные показатели:

- 1) виды и сроки ремонта по каждому станку и оборудованию;
- 2) объем ремонтных работ по цехам и предприятию на месяц и календарный год;
- 3) численность ремонтных рабочих и рабочих, занятых обслуживанием оборудования, и фонд их заработной платы;
- 4) количество и стоимость материалов;
- 5) простои оборудования в ремонте;
- 6) себестоимость ремонтных работ.

Виды и сроки ремонта по каждому станку определяются при разработке планов-графиков проведения ремонтных работ. После определения всех затрат, необходимых для ремонтных работ, рассчитывается себестоимость ремонта оборудования с выделением затрат на капитальный ремонт. Себестоимость ремонта определяется по следующим статьям: вспомогательные материалы, покуп-

ные изделия (запасные части), заработная плата с начислениями, цеховые расходы, общехозяйственные расходы. Все эти расходы включаются затем в статью «Общепроизводственные расходы» или «Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования», которые являются одной из калькуляционных статей затрат на производство продукции предприятия.

Финансирование затрат на капитальный ремонт оборудования осуществляется за счет амортизации и прибыли предприятия (фонд накопления).

Затраты на текущий ремонт и техническое обслуживание оборудования финансируются за счет текущей себестоимости продукции.

Потребность в текущем ремонте оборудования определяется оператором (станочником), ремонтным рабочим и механиком при осмотре оборудования, техническом обслуживании или диагностике; в капитальном (среднем) ремонте – комиссией, на основании тщательного анализа технического состояния, с учетом наработки с начала эксплуатации или последнего капитального ремонта, а также эксплуатационных расходов.

Технологическим элементом технического обслуживания и ремонта является диагностика – совокупность мероприятий в системе технического обслуживания и ремонта для получения информации о состоянии техники с целью прогнозирования ее ресурса, определения необходимого объема ремонтных работ, управления своевременным и качественным их выполнением. По своему назначению диагностика может быть специализированной и совмещенной с техническим обслуживанием и ремонтом.

При техническом обслуживании оборудования с помощью диагностических средств проверяется исправность и работоспособность механизмов и систем, определяется фактическая потребность в их обслуживании, а также выявляются неисправности оборудования, обеспечивается оперативный или заключительный контроль исполнения работ по техническому обслуживанию. Средствами диагностики осуществляется углубленная проверка состояния всех механизмов и систем техники, оцениваются тяговые, мощностные и эргонометрические показатели, выявляются неисправности и обеспечивается контроль выполняемых работ.

Основными положениями системы ППР являются следующие:

1. Ремонт деревообрабатывающего оборудования производится через равные, заранее планируемые промежутки времени,

называемые межремонтными периодами. Такие ремонты составляют основной объем ремонтных работ по восстановлению работоспособности станков.

2. Период времени от начала работы станка до его капитального ремонта называют ремонтным циклом.

3. Структура ремонтного цикла, т. е. число периодических ремонтов в цикле, их вид и очередность, обуславливается системой ППР и одинакова для различных видов станков.

4. Длительность межремонтного периода является одной из основных характеристик ремонтного цикла и устанавливается в зависимости от модели станка, околостаночного оборудования и условий его работы.

5. Содержание и трудоемкость ремонтных работ в плановом ремонте характеризуется числом слесарных и станочных нормо-часов.

6. Трудоемкость ремонта станков определяется при помощи групп ремонтной сложности станка.

7. Указанные в системе ППР объемы ремонтных работ являются средними и допускают отклонения, как в сторону уменьшения, так и в сторону повышения, в зависимости от фактического состояния станка.

8. Кроме периодических ремонтов предусматривается межремонтное обслуживание станков, при котором кроме профилактических мероприятий (например, смазка, очистка, промывка) производится малотрудоемкий ремонт (например, замена быстроизнашиваемых деталей, регулировка основных механизмов, устранение незначительных повреждений), а также ремонт быстроизнашивающихся деталей.

9. Системой планируются также осмотры и проверки станка на геометрическую точность и шумовые характеристики.

10. В типовой системе ППР принята девятипериодная структура цикла для оборудования, не превышающего по массе 5 т:

$$K - T_1 - T_2 - C_1 - T_3 - T_4 - C_2 - T_5 - T_6 - K,$$

где T_i – текущий или малый ремонт; C_i – средний ремонт; K – капитальный ремонт.

При этом на каждую единицу ремонтной сложности станка предусматривается, нормо-часов:

- текущий ремонт – 6;
- средний ремонт – 23;
- капитальный ремонт – 364.

Кроме того, на осмотр и промывку станка отводится 1,8 нормо-часа.

Длительность межремонтного периода в зависимости от типа станка и условий работы колеблется в среднем в пределах от 2000 до 6000 ч, отработанных станком.

Системой технического обслуживания и ремонта называют комплекс взаимосвязанных положений и норм, определяющих организацию и порядок проведения работ по техническому обслуживанию и ремонту оборудования для заданных условий эксплуатации с целью обеспечения показателей качества, предусмотренных в нормативной документации.

Ремонт и техническое обслуживание можно проводить двумя методами.

1. Ремонт и техническое обслуживание по потребности с целью восстановления работоспособности машины, неожиданно вышедшей из строя. При эксплуатации новых машин, когда работоспособность их достаточно высока, этот метод даст некоторый эффект, так как в этот период отказов оборудования мало, а простои оборудования для профилактического ремонта отсутствуют. Однако в этом случае оборудование быстрее физически изнашивается, и через некоторое время количество отказов резко возрастает. Общая эффективность использования оборудования при таком методе ремонта снижается.

Ремонт и техническое обслуживание профилактические проводят с целью предупреждения неожиданного для производства выхода машины из строя. При этом ремонт и техническое обслуживание производят по заранее разработанному плану с учетом изнашиваемости машины и ее фактического состояния.

Ремонт производят принудительно, не дожидаясь выхода машины из строя. Необходимые простои оборудования для такого ремонта могут несколько снизить его эффективность использования, пока оно новое. Однако общая эффективность эксплуатации при таком методе ремонта возрастает, так как возрастает технический ресурс оборудования, уменьшаются общие простои в ремонте. Этот метод имеет свою разновидность – так называемый узловый метод ремонта. При этом методе узлы оборудования, требующие

ремонта, снимают и заменяют запасными, заранее отремонтированными, купленными или изготовленными. Снятые узлы ремонтируют и хранят вместе с приобретенными и изготовленными своими силами. Этот вид ремонта является по существу организационной разновидностью профилактического метода, имеет большие достоинства, но пока не нашел широкого применения в силу ряда организационных и технических причин.

2. Систему технического обслуживания и ремонта, проводимую вторым методом, называют системой планово-предупредительного ремонта (ППР). Для всех предприятий установлена Единая система ППР, которая служит основой для разработки отраслевых систем ППР. В деревообрабатывающей промышленности такая отраслевая система ППР тоже разработана. Она приведена в руководящих материалах «Единая система планово-предупредительного ремонта технологического оборудования лесопильных и деревообрабатывающих предприятий». Техническая эксплуатация, техническое обслуживание и ремонт оборудования обязательно должны производиться по отраслевой системе ППР. Четкая организация работ по системе ППР сводит до минимума аварийные ремонты.

Системой *планово-предупредительного ремонта* называют комплекс организационно-технических мероприятий, направленных на сохранение работоспособности и увеличение технического ресурса оборудования, проводимых по единому плану, обеспечивающему их предупредительный (профилактический) характер. Система ППР базируется на плановой системе технической эксплуатации машин, предусматривает проведение комплекса работ по их техническому обслуживанию и содержит плановые ремонты, направленные на восстановление частично утраченной работоспособности.

Техническим обслуживанием оборудования называют комплекс работ для поддержания исправности и работоспособности оборудования при подготовке и использовании его по назначению, при хранении и транспортировке.

Техническое обслуживание оборудования в период между плановыми ремонтами осуществляет ремонтная служба цеха, включающая дежурных слесарей, электромонтеров, смазчиков и станочников-ремонтников. К техническому обслуживанию привлекаются также и производственные рабочие. Ответственность за проведение этих работ возложена непосредственно на начальника

данного производственного цеха. Организуют работы в зависимости от штатного расписания механик цеха, начальник участка (отделения), старший или сменный мастер.

Тарифный разряд обслуживающего персонала выше соответствующего персонала ремонтных рабочих на 0,5 разряда и находится в зависимости от сложности оборудования данного цеха. Например, при обслуживании оборудования нормальной сложности требуются рабочие, имеющие 3- и 4-й разряды. При обслуживании автоматического оборудования средний тарифный разряд должен быть не ниже 4,5.

При техническом обслуживании оборудования обслуживающий персонал обязан выполнять следующие работы:

- наблюдение за техническим состоянием оборудования, включающее периодическое измерение физического износа, геометрических и кинематических погрешностей элементов, исследование технологической точности и производительности станков;
- наблюдение за выполнением станочниками и мастерами правил эксплуатации оборудования;
- проведение необходимых мероприятий по уходу за оборудованием: смазки, промывки, очистки от загрязнения, регулировок, профилактических осмотров; наблюдение за выполнением указанных мероприятий, возложенных на станочников и наладчиков;
- наблюдение за состоянием фундаментов и правильностью установки на них оборудования;
- изучение причин отказов, сбор информации по наработке оборудования, составление предварительных дефектных ведомостей для ремонта. Полученные во время осмотров данные заносят в формуляр оборудования или, при его отсутствии, в журнал осмотров и ремонта оборудования.

Согласно ГОСТ 18322–2016 «Система технического обслуживания и ремонта техники. Термины и определения» [18] различают следующие виды технического обслуживания.

1. Техническое обслуживание при использовании по назначению (maintenance under intended use: техническое обслуживание при подготовке к использованию по назначению, использовании по назначению, а также непосредственно после его окончания).

2. Техническое обслуживание при хранении (storage maintenance: техническое обслуживание при подготовке к хранению, хранении, а также непосредственно после его окончания).

3. Техническое обслуживание при транспортировании (transport maintenance: техническое обслуживание при подготовке к транспортированию, транспортировании, а также непосредственно после его окончания).

4. Техническое обслуживание на месте эксплуатации (on-site maintenance: обслуживание, проводимое на месте использования объекта).

5. Техническое обслуживание вне места эксплуатации (off-site maintenance: техническое обслуживание, проводимое не на месте использования объекта).

6. Техническое обслуживание в стационарных условиях (maintenance in stationary conditions: техническое обслуживание, выполняемое в специально предназначенных местах, оборудованных стационарными средствами ТО, с применением, в необходимых случаях, переносных средств).

7. Техническое обслуживание в особых условиях (maintenance in special conditions: техническое обслуживание, выполняемое в особых условиях эксплуатации объекта, указанных в отраслевой документации и характеризующихся значениями параметров, выходящими за пределы допустимых границ). Особые условия могут быть природного, техногенного характера и др.

8. Дистанционное техническое обслуживание (remote maintenance: техническое обслуживание объекта, проводимое под управлением персонала без его непосредственного присутствия).

Примерами дистанционного обслуживания являются ТО с использованием дистанционно управляемого оборудования.

9. Плановое техническое обслуживание (scheduled maintenance: техническое обслуживание, предусмотренное в документации, выполняемое по установленному графику).

Кроме операций, предусмотренных регламентом, плановое техническое обслуживание может включать некоторые операции по текущему техническому надзору за работой оборудования и/или по текущему эксплуатационному уходу, не предусмотренные регламентом.

10. Неплановое техническое обслуживание (unscheduled maintenance: незапланированное техническое обслуживание, выполняемое по результатам оценки фактического технического состояния объекта).

Перечень и объем работ определяется по результатам контроля технического состояния объекта с учетом предполагаемого его изменения в процессе эксплуатации.

11. Комплексное техническое обслуживание (integrated maintenance: плановое техническое обслуживание, выполняемое на всех или нескольких составных частях объекта одновременно, в объеме и с периодичностью, установленными в документации).

12. Регламентированное техническое обслуживание (regulated maintenance: плановое техническое обслуживание, выполняемое с установленной в документации периодичностью независимо от состояния объекта на момент начала технического обслуживания).

13. Нерегламентированное техническое обслуживание (unregulated maintenance: техническое обслуживание, обусловленное не предусмотренными документацией изготовителя особыми условиями эксплуатации или ненормированной наработкой объекта и его составных частей).

14. Периодическое техническое обслуживание (periodic maintenance: плановое техническое обслуживание, выполняемое через установленные в документации значения наработки или интервалы времени).

15. Сезонное техническое обслуживание (seasonal maintenance: техническое обслуживание, выполняемое для подготовки объекта к использованию в осенне-зимних или весенне-летних условиях).

16. Автономное техническое обслуживание (autonomous maintenance: плановое техническое обслуживание составной части, выполняемое отдельно от объекта в объеме и с периодичностью, установленными в документации).

17. Техническое обслуживание с периодическим контролем (maintenance with periodic control: техническое обслуживание, выполняемое при контроле технического состояния объекта в объеме и с периодичностью, установленными в документации, при этом объем остальных операций определяется техническим состоянием объекта в момент начала технического обслуживания).

18. Техническое обслуживание с непрерывным контролем (maintenance with continuous control: техническое обслуживание, предусмотренное документацией и выполняемое по результатам непрерывного контроля технического состояния объекта).

19. Номерное техническое обслуживание (numbered maintenance: техническое обслуживание, при котором определенному объему работ присваивается свой порядковый номер).

20. Профилактическое техническое обслуживание (preventive maintenance: плановое техническое обслуживание, выполняемое через определенные интервалы времени и направленное на поддержание работоспособного состояния объекта, на раннее выявление неисправностей и снижение вероятности отказов).

21. Корректирующее техническое обслуживание (corrective maintenance: техническое обслуживание, выполняемое после обнаружения неисправности с целью возвращения объекта в работоспособное состояние).

22. Техническое обслуживание, ориентированное на обеспечение безотказности (reliability-centered maintenance: техническое обслуживание, основанное на методологии определения оптимального набора операций ТО и частоты их применения с учетом вероятностей и последствий отказов на любом уровне разукрупнения).

23. Автоматизированное техническое обслуживание (automated maintenance: техническое обслуживание, осуществляемое персоналом с использованием комплекса средств автоматизации его деятельности).

24. Задержанное техническое обслуживание (deferred maintenance: техническое обслуживание, отсроченное после установления его необходимости в соответствии с правилами технического обслуживания). Техническое обслуживание может быть задержано по форс-мажорным обстоятельствам, по причинам, связанным с необеспеченностью материальными ресурсами, по экономическим или иным причинам.

1.2. Расчет объема ремонтных работ

В соответствии с заданием на курсовой проект определяется, к какой категории оборудования относятся станки, в соответствии со справочником Иванищева Ю. П. [16, приложение, табл. 1] рассчитывается суммарная категория ремонтной сложности. По примеру табл. 1.1 заполняется таблица согласно индивидуальному заданию, в которую вносятся следующие исходные данные: модель и количество единиц оборудования, его масса и категория сложности ремонта механической $R_{\text{мех}}$ и электрической $R_{\text{эл}}$ части оборудования.

Таблица 1.1

Объемы ремонтной сложности оборудования

Модель	Масса, т	Количество	Категории ремонтной сложности		Суммарная категория ремонтной сложности	
			$R_{\text{мех}}$	$R_{\text{эл}}$	$\sum R_{\text{мех}}$	$\sum R_{\text{эл}}$
Оборудование лесопильного производства						
АЦ-2М	4,2	2	2,9	9,8	5,8	19,6
МРН-100Д	33,0	2	25,3	31,0	50,6	32,0
Ц2Д-7	2,8	2	8,3	9,7	16,6	19,4
ЦКБ-40	0,72	1	4,7	5,1	4,7	5,1
Оборудование общего назначения						
ЦПА-40	0,6	3	4,6	4,5	13,8	15,5
ЛС80-5	0,96	2	3,2	3,3	6,4	6,6
С2Р8-2	3,5	2	8,1	9,5	16,2	19,0
ФС-1	0,7	3	4,1	3,1	12,3	9,3
СВП-2	0,4	1	4,0	2,8	4,0	2,8
ШПА40	0,91	3	6,6	5,4	19,8	16,2
С2Ф4	0,9	2	4,5	4,2	9,0	8,4
С10-3	2,6	1	8,1	15,0	8,1	15,0
ШлСЛ	0,16	1	3,0	2,3	3,0	2,3
ЦДК5	2,5	2	5,4	6,0	10,8	12,0
Оборудование специального производства						
ЛУ17-4	9,85	1	12,1	11,1	12,1	11,1
МФК-1	31,7	2	46	55	92	110
ПШ-2	2,25	3	6,0	2,5	18,0	7,5
НФ-18	0,16	1	4,5	–	4,5	0
МФП-1	36,0	3	28,5	20	85,5	60
ПР-6	215,0	1	49,5	21,5	49,5	21,5
Оборудование вспомогательного производства						
ТчН6	1,2	2	4,4	5,5	8,8	11
ТчПА-3	0,5	2	4,5	4,1	9,0	8,2
ПХЗ	0,67	2	6,0	3,0	12,0	6,0

Суммарная категория сложности ремонта механической $R_{\text{мех}}$ и электрической $R_{\text{эл}}$ части оборудования определяются по формулам:

$$\sum R_{\text{мех}} = R_{\text{мех}} \cdot n;$$

$$\sum R_{\text{эл}} = R_{\text{эл}} \cdot n,$$

где n – количество станков одного наименования.

1.3. Определение структуры и продолжительности ремонтных циклов, межремонтных и межосмотровых периодов

Для деревообрабатывающего оборудования рекомендуется два вида структуры ремонтного цикла в зависимости от массы оборудования.

Для оборудования массой до 5 т структура ремонтного цикла имеет вид:

$$K_{P1} - O_1 - O_2 - T_{P1} - O_3 - O_4 - T_{P2} - O_5 - O_6 - C_{P1} - O_7 - O_8 - \\ - T_{P3} - O_9 - O_{10} - T_{P4} - O_{11} - O_{12} - K_{P2}.$$

Для оборудования массой более 5 т структура ремонтного цикла имеет следующий вид:

$$K_{P1} - O_1 - O_2 - T_{P1} - O_3 - O_4 - T_{P2} - O_5 - O_6 - C_{P1} - \\ - O_7 - O_8 - T_{P3} - O_9 - O_{10} - T_{P4} - O_{11} - O_{12} - C_{P2} - \\ - O_{13} - O_{14} - T_{P5} - O_{15} - O_{16} - T_{P6} - O_{17} - O_{18} - K_{P2}.$$

Продолжительность ремонтного цикла для различного оборудования разная и зависит от ремонтной сложности оборудования, интенсивности его эксплуатации, а также от структуры ремонтного цикла.

Продолжительность межремонтного периода $T_{м.р}$ рассчитывается в зависимости от выбранного ремонтного цикла (массы оборудования):

– менее 5 т:

$$T_{м.р} = \frac{T_{р.ц}}{6};$$

– более 5 т:

$$T_{м.р} = \frac{T_{р.ц}}{9}.$$

Продолжительность межосмотрового периода $T_{м.о}$ оборудования

$$T_{м.о} = \frac{T_{м.р}}{3}.$$

Результаты расчетов приведены в табл. 1.2.

Таблица 1.2

**Продолжительность ремонтных циклов, межремонтных
и межосмотровых периодов**

Оборудование	Масса	Ремонтный цикл $T_{ц}, ч$	Межремонтный цикл $T_{мр}, ч$		Межосмотровый цикл $T_{мо}, ч$	
			До 5 т	Более 5 т	До 5 т	Более 5 т
			$T_{м.р} = \frac{T_{ц}}{6}$	$T_{м.р} = \frac{T_{ц}}{9}$	$T_{м.о} = \frac{T_{ц}}{3}$	$T_{м.о} = \frac{T_{м.р}}{3}$
Оборудование лесопильного производства						
АЦ-2М	До 5 т	19 750	3292	1097,3		
Ц2Д-7		19 750	3292	1097,3		
ЦКБ-40		19 750	3292	1097,3		
МРН-100Д	Более 5 т	19 750	2194,4	731,5		
Оборудование общего назначения						
ЦПА-40	До 5 т	23 700	3950	1316,7		
ЛС80-5		23 700	3950	1316,7		
С2Р8-2		23 700	3950	1316,7		
ФС-1		23 700	3950	1316,7		
ФСШ-11		23 700	3950	1316,7		
СВП-2		23 700	3950	1316,7		
ШПА40		23 700	3950	1316,7		
С2Ф4		23 700	3950	1316,7		
С10-3		23 700	3950	1316,7		
ШлСЛ		23 700	3950	1316,7		
ЦДК5		23 700	3950	1316,7		
Оборудование специального производства						
ЛУ17-4	До 5 т	21 725	3620,8	1206,9		
ПШ-2		21 725	3620,8	1206,9		
НФ-18		21 725	3620,8	1206,9		
МФК-1	Более 5 т	21 725	2413,9	804,6		
МФП-1		21 725	2413,9	804,6		
ПР-6		21 725	2413,9	804,6		
Оборудование для заточки и подготовки инструмента						
ТчН6	До 5 т	31 600	5266,7	1755,6		
ТчПА-3		31 600	5266,7	1755,6		
ПХ3		31 600	5266,7	1755,6		

Структура и продолжительность ремонтных циклов, межосмотровых и межремонтных периодов приведены в табл. 1.3

Таблица 1.3

**Структура и продолжительность ремонтных циклов,
межосмотровых и межремонтных периодов**

Наименование оборудования	Модель	Продолжительность				Количество за ремонтный цикл			
		$T_{ц}, ч$	$T_{ц}, г$	$T_{м.р.}, ч$	$T_{м.о.}, ч$	Ремонтов			Осмотров
						n_k	n_c	n_r	
Оборудование лесопильного производства ($m < 5 т$)	АЦ-2М	19 750	5	3292	1097,3	1	1	4	12
	Ц2Д-7	19 750	5	3292	1097,3	1	1	4	12
	ЦКБ-40	19 750	5	3292	1097,3	1	1	4	12
Оборудование лесопильного производства ($m > 5 т$)	МРН-100Д	19 750	5	2194,4	731,5	1	2	6	18
Оборудование общего назначения ($m < 5 т$)	ЦПА-40	23 700	6	3950	1316,7	1	1	4	12
	ЛС80-5	23 700	6	3950	1316,7	1	1	4	12
	С2Р8-2	23 700	6	3950	1316,7	1	1	4	12
	ФС-1	23 700	6	3950	1316,7	1	1	4	12
	ФСШ-11	23 700	6	3950	1316,7	1	1	4	12
	СВП-2	23 700	6	3950	1316,7	1	1	4	12
	ШПА40	23 700	6	3950	1316,7	1	1	4	12
	С2Ф4	23 700	6	3950	1316,7	1	1	4	12
	С10-3	23 700	6	3950	1316,7	1	1	4	12
	ШлСЛ	23 700	6	3950	1316,7	1	1	4	12
	ЦДК5	23 700	6	3950	1316,7	1	1	4	12
Оборудование специального производства ($m < 5 т$)	ЛУ17-4	21 725	5,5	3620,8	1206,9	1	1	4	12
	ПШ-2	21 725	5,5	3620,8	1206,9	1	1	4	12
	НФ-18	21 725	5,5	3620,8	1206,9	1	1	4	12
Оборудование специального производства ($m > 5 т$)	МФК-1	21 725	5,5	2413,9	804,6	1	2	6	18
	МФП-1	21 725	5,5	2413,9	804,6	1	2	6	18
	ПР-6	21 725	5,5	2413,9	804,6	1	2	6	18
Оборудование для заточки и подготовки инструмента ($m < 5 т$)	ТчН6	31 600	8	5266,7	1755,6	1	1	4	12
	ТчПА-3	31 600	8	5266,7	1755,6	1	1	4	12
	ПХ3	31 600	8	5266,7	1755,6	1	1	4	12

1.4. Составление годового план-графика ремонта оборудования

План-график составляется на текущий год. Расчеты по определению даты проведения ремонта или осмотра производятся по календарю планируемого года с учетом фактического времени, отработанного оборудованием. Очередное плановое мероприятие проводится через промежуток времени $T_{м.о.}$.

При составлении план-графика, осмотры планируются на нерабочие дни или в перерывах между сменами. При этом допускаются небольшие смещения даты проведения осмотров. При составлении графиков определяется время простоя оборудования в ремонте, которое указывается в план-графике (рядом с датой ремонта).

Продолжительность простоя оборудования в ремонте определяется

$$T_{пр} = R_m \cdot t,$$

где R_m – категория ремонтной сложности механической части оборудования; t – норматив времени на простой на одну единицу ремонтной сложности (табл. 1.4).

Таблица 1.4

Нормы простоя оборудования на ремонте и техническом обслуживании

Вид работ	Норма простоя, ч
Капитальный ремонт K_p	13,0
Средний ремонт C_p	8,0
Текущий ремонт T_p	3,4
Осмотр перед капитальным ремонтом $O_{к.р}$	0,5
Осмотр O	0,4
Проверка точности	0,2
Промывка	0,2
Испытания электрической части	0,1

Работа по проверке точности и промывке планируется после каждого планового осмотра. Простои по электрической части входят во время проведения капитальных ремонтов.

Пример оформления план-графика приведен в табл. 4 приложения.

1.5. Расчет годового объема трудозатрат на техническое обслуживание и ремонт

Трудозатраты равны произведению нормативных трудозатрат на число единиц ремонтной сложности.

Расчет трудозатрат на ремонт и техническое обслуживание выполняется на основании годового плана ремонта отдельно для механической и электрической части оборудования.

Годовой объем трудозатрат на выполнение ремонтных работ P_p рассчитывается по каждой модели оборудования для слесарных, станочных и прочих ремонтных работ по формуле

$$P_p = (t_k \cdot n_k + t_c \cdot n_c + t_T \cdot n_T + t_o \cdot n_o) \cdot \frac{n \cdot R}{T_{p.ц}}$$

где R – категория сложности ремонта оборудования; n – количество единиц оборудования; $T_{p.ц}$ – продолжительность ремонтного цикла, лет; t_k, t_c, t_T, t_o – норматив времени на одну ремонтную единицу при проведении ремонтных работ. Значения приведены в табл. 1.5.

Таблица 1.5

Распределение норматива трудоемкости ремонтных работ в часах на одну ремонтную единицу

Виды работ	Промывка	Проверка точности	ОКР	О	ТР	СР	КР
Для механической части							
Слесарные	0,35	0,40	1	0,75	4	16	23
Станочные	–	–	0,10	0,10	2	7	10
Прочие	–	–	–	–	0,10	0,50	2
Для электрической части							
Электрические слесарные	–	–	0,25	0,20	1,20	5	10
Электрические станочные	–	–	–	–	0,30	1	2,50

Результаты вычислений занесены в табл. 1.6.

Таблица 1.6

Годовой объем трудозатрат на ремонт оборудования

Модель станка	Трудозатраты по видам работ, чел.-ч				
	Механическая часть			Электрическая часть	
	Слесарные	Станочные	Прочие	Электрические слесарные	Электрические станочные
АЦ-2М	74,2	30,4	3,4	87,0	18,4
Ц2Д-7	647,7	265,1	29,3	142,1	30,1
ЦКБ-40	212,5	87,0	9,6	86,1	18,2
МРН-100Д	87,0	35,5	3,4	31,4	6,4
ЦПА-40	147,2	60,3	6,7	57,4	12,1
ЛС80-5	68,3	27,9	3,1	24,4	5,2
С2Р8-2	172,8	70,7	7,8	70,3	14,9
ФС-1	131,2	53,7	5,9	34,4	7,3
ФСШ-11	96,0	39,3	4,4	24,4	5,2
СВП-2	42,7	17,5	1,9	10,4	2,2
ШПА40	211,2	86,5	9,6	59,9	12,7
С2Ф4	96,0	39,3	4,4	31,1	6,6
С10-3	86,4	35,4	3,9	55,5	11,8
ШлСЛ	32,0	13,1	1,5	8,5	1,8
ЦДК5	115,2	47,2	5,2	44,4	9,4
ЛУ17-4	140,8	57,6	6,4	44,8	9,5
ПШ-2	1070,5	438,3	48,5	444,0	94,0
НФ-18	209,5	85,7	9,5	30,3	6,4
МФК-1	75,7	30,9	2,9	0,0	0,0
МФП-1	1438,0	587,6	56,0	336,0	68,7
ПР-6	832,5	340,2	32,4	120,4	24,6
ТчН6	70,4	28,8	3,2	30,5	6,5
ТчПА-3	72,0	29,5	3,3	22,8	4,8
ПХ3	96,0	39,3	4,4	16,7	3,5
АЦ-2М	74,2	30,4	3,4	87,0	18,4
Ц2Д-7	647,7	265,1	29,3	142,1	30,1
ЦКБ-40	212,5	87,0	9,6	86,1	18,2
Итого	6225,6	2546,8	266,5	1812,8	380,3

Годовой объем трудозатрат на техническое обслуживание $\Pi_{т.о}$ рассчитывается отдельно для слесарных, станочных, смазочных и электрослесарных работ по формуле

$$\Pi_{т.о} = \frac{\sum R \cdot t_{т.о} \cdot \Phi_о}{1000},$$

где $\sum R$ – сумма единиц ремонтной сложности обслуживаемого оборудования; $t_{т.о}$ – норматив времени на одну ремонтную единицу за 1000 ч, отработанных оборудованием; $\Phi_о$ – действительный годовой фонд времени работы оборудования (при двухсменной работе $\Phi_о = 4000$).

Результаты вычислений занесены в табл. 1.7

Таблица 1.7

Годовой объем трудозатрат на техническое обслуживание оборудования

Модель станка	Трудозатраты по видам работ, чел.-ч			
	Механическая часть			Электрическая часть
	Слесарные	Станочные	Смазочные	Электрические слесарные
АЦ-2М	46,4	12,1	24,4	80,0
Ц2Д-7	404,8	105,2	212,5	130,6
ЦКБ-40	132,8	34,5	69,7	79,2
МРН-100Д	37,6	9,8	19,7	20,8
ЦПА-40	110,4	28,7	58,0	63,2
ЛС80-5	51,2	13,3	26,9	26,9
С2Р8-2	129,6	33,7	68,0	77,5
ФС-1	98,4	25,6	51,7	37,9
ФСШ-11	72,0	18,7	37,8	26,9
СВП-2	32,0	8,3	16,8	11,4
ШПА40	158,4	41,2	83,2	66,1
С2Ф4	72,0	18,7	37,8	34,3
С10-3	64,8	16,8	34,0	61,2
ШлСЛ	24,0	6,2	12,6	9,4
ЦДК5	86,4	22,5	45,4	49,0
ЛУ17-4	96,8	25,2	50,8	45,3
ППШ-2	736,0	191,4	386,4	448,8
НФ-18	144,0	37,4	75,6	30,6
МФК-1	36,0	9,4	18,9	0,0

Модель станка	Трудозатраты по видам работ, чел.-ч			
	Механическая часть			Электрическая часть
	Слесарные	Станочные	Смазочные	Электрические слесарные
МФП-1	684,0	177,8	359,1	244,8
ПР-6	396,0	103,0	207,9	87,7
ТчН6	70,4	18,3	37,0	44,9
ТчПА-3	72,0	18,7	37,8	33,5
ПХЗ	96,0	25,0	50,4	24,5
Итого	3852,0	1001,5	2022,3	1734,4

В данном разделе согласно заданию на курсовой проект определена структура и продолжительность ремонтных циклов, межремонтных и межосмотровых периодов для оборудования. Составлен годовой план-график ремонта оборудования на 2020 г., выполнен расчет объема ремонтных работ. Произведен расчет годового объема трудозатрат на ремонт:

– для механической части: слесарные – 6225,6 чел.-ч, станочные – 2546,8 чел.-ч, прочие – 266,5 чел.-ч;

– для электрической части: электростаночные – 1812,8 чел.-ч, электрослесарные – 380,3 чел.-ч.

Также выполнен расчет годового объема трудозатрат на техническое обслуживание:

– для механической части: слесарные – 3852,0 чел.-ч, станочные – 1001,5 чел.-ч, смазочные – 266,5 чел.-ч;

– для электрической части: электрослесарные – 1734,4 чел.-ч.

2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

2.1. Анализ звеньев и узлов ремонтируемого оборудования, расчет режимов их работы

В данном подразделе производится полный анализ звеньев и узлов, из которых состоит ремонтируемое оборудование, а также расчет режимов их работы. Выполнение подраздела рассмотрим на примере многопильного прирезного станка ЦМР-4.

Многопильный прирезной станок с ныряющим конвейером ЦМР-4 состоит из пильного вала, прижимных вальцов и подающего конвейера, расположенного под пильным валом.

Базой всех узлов станка является станина литой конструкции. На верхней плоскости станины установлен патрубок для удаления опилок. Кроме того, под конвейером подачи имеется лоток для удаления опилок и сколов на лицевую сторону станка. Пильный вал, механизм прижима, механизм подачи, маслонасос централизованной смазки закрыты дверками, листами и различного рода ограждениями.

Пильный вал консольного типа монтируется на подшипниках качения в корпусе, имеющем возможность качаться вокруг оси, закрепленной в опоре, которая устанавливается и закрепляется на корпусе верха остова станка. С другой стороны корпус пильного вала связан шарнирно с винтом. Винт при помощи пары конических шестерен, одна из которых для винта является гайкой, и маховика, расположенного на передней боковой стороне станка, опускает и поднимает корпус вала при смене пил.

Пильный вал приводится во вращение от электродвигателя через клиноременную передачу. Натяжение ремней осуществляется с помощью маховика через ходовой винт и гайку. Торможение пильного вала производится тормозом, установленным на втором конце электродвигателя привода.

Десять пил собраны на оправке. Расстояние между ними устанавливается с помощью калиброванных по толщине колец. Комплекс смонтированных на оправке пил зажимается в осевом направлении гайками. Доступ к валу для смены пил обеспечивается шарнирной дверкой вверху остова.

Механизм подачи материала состоит из конвейерной цепи шириной 300 мм. Она состоит из звеньев, собранных на осях с роликами на концах. До пил и после них цепь движется по прямолинейным направляющим, в зоне распиливания – под верхними изогнутыми по радиусу направляющими. Ролики заходят под направляющие, и гусеница «ныряет» под пилы. Благодаря такому устройству гусеницы на пильном валу можно устанавливать набор пил с любыми промежутками между ними.

Обрабатываемый материал прижимается к гусенице подпружиненными вальцами, первый из которых – приводной, последующие – не приводные. Перед первым и вторым вальцами установлена в два ряда когтевая завеса, предотвращающая обратный выброс заготовок.

Подъем и опускание вальцов и когтевой завесы при изменении толщины материала осуществляется от электродвигателя через шестерни, редуктора и цепную передачу. На валу имеются участки с резьбой, по которым при его вращении перемещаются упорные стаканы, соединенные шарнирно через систему рычагов с вальцами и когтевой завесой. На валу надеты пружины прижима вальцов. Величина прижима регулируется гайками. На входной стороне станка установлен индикатор, который, поворачиваясь с помощью зубчатой передачи, показывает высоту подъема (до 100 мм) вальцов. Для предотвращения поломки механизма подъема в крайних положениях установлены блокирующие конечные выключатели, которые срабатывают от упоров. Ручная настройка вальцов по высоте производится с помощью маховика.

Привод механизма подачи осуществляется от электродвигателя постоянного тока, при этом обеспечивается бесступенчатое регулирование скорости подачи. Вращение от двигателя через червячный редуктор и цепные передачи передается на два приводных туера и конвейерной цепи. Привод переднего прижимного вальца осуществляется через блок шестерен и карданные валы. Два приводных туера и верхние приводные вальцы обеспечивают устойчивую подачу заготовок. Станок имеет принудительную смазку.

В ходе анализа звеньев и узлов станка ЦМР-4 было выявлено, что наиболее нагруженным узлом станка является механизм резания.

Расчет механизма резания

Скорость резания V , м/с, рассчитывается (см. кинематическую схему станка):

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n_2}{60\,000},$$

где D – диаметр пилы, мм; n_2 – частота вращения пильного вала, мин^{-1} .

Частота вращения пильного вала, мин^{-1} :

$$n_2 = \frac{n_{\text{дв}}}{U_{20-23}},$$

где $n_{\text{дв}}$ – частота вращения двигателя, мин^{-1} ; U_{20-23} – передаточное отношение от двигателя к пильному валу.

Передаточное отношение от двигателя к пильному валу:

$$U_{20-23} = \frac{d_{23}}{d_{20} \cdot (1 - \xi)},$$

где ξ – коэффициент скольжения ремня, $\xi = 0,01-0,02$; d_{23} – диаметр ведомого шкива, мм; d_{20} – диаметр ведущего шкива, мм.

$$U_{20-23}^1 = \frac{180}{225 \cdot (1 - 0,01)} = 0,8;$$

$$U_{20-23}^2 = \frac{202}{225 \cdot (1 - 0,01)} = 0,9;$$

$$n_2^1 = \frac{2940}{0,8} = 3675 \text{ мин}^{-1};$$

$$n_2^2 = \frac{2940}{0,9} = 3266 \text{ мин}^{-1};$$

$$V_1 = \frac{3,14 \cdot 315 \cdot 3675}{60\,000} = 60,58 \text{ м/с};$$

$$V_2 = \frac{3,14 \cdot 315 \cdot 3266}{60\,000} = 53,84 \text{ м/с}.$$

Станок ЦМР-4 имеет две скорости резания, так как на пильном валу установлен сдвоенный шкив.

2.2. Определение типов смазочных материалов для ремонтируемого оборудования и расчет их годовой потребности

Основным условием для повышения работоспособности и сохранения технологической точности станка на длительный срок является его своевременная и качественная смазка. Правильная организация смазочного хозяйства и рациональная смазка уменьшают износ деталей оборудования, удешевляют его ремонт и сокращают простои.

Для смазывания узлов трения деревообрабатывающего оборудования применяются жидкие масла и пластичные (консистентные) смазки. Нашли применение легированные (с присадками) минеральные масла с улучшенными эксплуатационными свойствами: антиокислительными, противоизносными, противозадирными, антифрикционными, защитными и др. Срок службы масел с присадками выше, чем масел без присадок, что позволяет повысить надежность и долговечность работы оборудования.

Жидкие смазочные масла по ГОСТ 26191–84 делятся на следующие основные группы: индустриальные – для смазки разнообразных механизмов, моторные – для смазки транспортных и стационарных двигателей внутреннего сгорания, трансмиссионные – для смазки различных трансмиссионных передач, масла для гидравлических систем и т. д.

Основными техническими показателями жидких масел являются: вязкость, вязкостно-температурные свойства, антиокислительная стабильность, температура застывания и температура вспышки.

Пластичные смазки по ГОСТ 26191–84 подразделяются на антифрикционные, канатные и уплотнительные. Наиболее широко применяют антифрикционные смазки, предназначенные для снижения износа при трении скольжения (качения).

Пластичные смазки характеризуются такими основными техническими показателями, как вязкость, температура каплепадения, пенетрация, механическая стабильность.

Выбор способа смазки и марки смазочных материалов зависит от следующих факторов: скорости относительного перемещения трущихся поверхностей, нагрузки на трущиеся поверхности, рабочей

температуры в зоне трения, материалов трущихся пар и качества обработки деталей, конструкции трущихся сопряжений, состояния окружающей среды (влажности, загрязненности), требований к герметичности смазываемого узла. При этом учитываются преимущества и недостатки жидких и пластичных смазочных материалов.

Подбор смазочных материалов и особенности их эксплуатации. Установлено, что смазывающие свойства жидких масел лучше, чем пластичных смазок, однако практически наиболее удобно для смазки трущихся узлов деревообрабатывающего оборудования применение пластичных смазочных материалов. При этом достигаются простота уплотнений, сравнительно долгий срок работы узла без замены смазки, хорошая защита подшипников от вредных воздействий и т. д. Поэтому при выборе смазочного материала необходимо прежде выяснить, подходит ли для данных условий работы машины пластичная смазка, и только при невозможности ее применения надо использовать жидкие масла. Условия, при которых применение пластичных смазок нерационально, следующие: высокая температура при больших скоростях; низкая температура, когда смазка сильно густеет, в результате чего повышается внутреннее трение; наличие особых требований к понижению внутреннего трения смазочного материала в подшипниках; невозможность разборки узла для полной замены смазки.

Подшипники качения. Основными факторами, влияющими на выбор смазочного материала, являются размеры подшипников и частота их вращения, величина нагрузки, действующей на подшипники, рабочая температура узла, состояние окружающей среды.

Пластичные смазки применяют чаще, чем масла. Заложённая в корпус подшипника пластичная смазка способна обеспечить длительную работу узла без пополнения, в то время как масла необходимо пополнять не реже одного раза в сутки.

Пластичные смазки применяют при скоростном факторе

$$d \cdot n \leq 300\,000 \text{ мм} \cdot \text{мин}^{-1},$$

где d – диаметр подшипника, мм; n – частота вращения подшипника, мин^{-1} .

Например, при $d = 75$ мм и $n = 3640 \text{ мин}^{-1}$ для подшипника качения получим следующее значение скоростного фактора:

$$75 \cdot 3640 = 270\,000 \leq 300\,000.$$

При работе в условиях средних нагрузок для смазывания подшипников качения применяют такие пластичные смазки, как солидолы при рабочей температуре $t = 50\text{--}65^\circ\text{C}$.

Режим смазывания подшипников смазками определяют согласно следующим рекомендациям:

- при большой влажности, загрязненности и высокой температуре воздуха – через 1–2 месяца;
- при отсутствии влажности, нормальной температуре и небольшой загрязненности – через 2–3 месяца;
- при нормальных условиях – через 4–6 месяцев;
- при периодической работе в нормальных условиях – через 6–12 месяцев.

Наиболее используемый способ смазывания подшипников качения – набивка. Смазку закладывают в корпус подшипника примерно на $2/3$ его объема (излишнее количество смазки вызывает повышение температуры узла). Ориентировочное количество смазки можно рассчитать по формуле

$$Q = 3,5 \cdot d_{\text{в}},$$

где Q – количество смазки, г; $d_{\text{в}}$ – внутренний диаметр подшипника, мм.

Ежемесячный расход пластичной смазки $Q_{\text{п}}$ (г), вызывающий необходимость периодического ее добавления, для средних режимов работы подшипников качения может быть определен по формуле

$$Q_{\text{п}} = \frac{0,039 \cdot d_{\text{в}}}{t_3},$$

где t_3 – срок замены смазки, мес.

Для смазывания подшипников на пыльном валу станка ЦМР-4 применяется солидол.

Направляющие скольжения. Для смазывания направляющих скольжения обычно применяют минеральные масла, реже пластичные смазки. Последние используют только в тех случаях, когда смазывание маслами в силу каких-либо обстоятельств невозможно или затруднено. Пластические смазки легко засоряются производственной пылью, продуктами износа и прочно удерживают их в себе, создавая неблагоприятные условия работы для направляющих.

Масла, наоборот, смазывают с направляющих посторонние примеси; кроме того, они отводят тепло, предупреждая преждевременный износ.

При повышенных нагрузках рекомендуется использовать специальные масла для направляющих скольжения ИНСп-40, ИНСп-65.

Одновременный расход масла Q (г) определяют по формуле

$$Q = \frac{K \cdot S}{1000},$$

где K – поправочный коэффициент; S – площадь смазываемой поверхности (площадь одной направляющей), см².

Для направляющих скольжения станка ЦМР-4 применяют ЦИАТИМ-201.

Зубчатые передачи. Их смазывают как пластинчатыми смазками, так и маслами.

Для смазки крупногабаритных передач с грубой обработкой зубьев применяют пластинчатые смазки, графитную (УССА) или солидолы. Для смазки зубчатых передач станков целесообразно применять масла И-30А и И-40А. Расход смазочных материалов может быть ориентировочно определен по следующей эмпирической формуле:

$$Q = B \cdot (D_1 + D_2) \cdot 10^{-3},$$

где Q – единовременный расход на смазывание одной пары зубчатой передачи, г; B – ширина зубьев, мм; $D_1 + D_2$ – сумма диаметров шестерен, мм.

В станке ЦМР-4 для смазывания зубчатых передач используют масла И-30А.

Цепные передачи. Для смазки цепных передач применяют как минеральные масла, так и пластичные смазки. Масла дают лучшие результаты, так как легче и быстрее, чем пластичные смазки, проникают в зазоры. При смазывании вручную, капельницей или в масляной ванне масло подается на холостую ветвь в месте набегающей ее на звездочку. Чем больше скорость цепи, тем более вязкие масла следует применять, так как при вращении центробежные силы стремятся сбросить с нее смазку.

В станке ЦМР смазка цепных передач производится графитной смазкой (УССА).

2.3. Определение наиболее нагруженных узлов ремонтируемого оборудования с выявлением быстроизнашиваемых деталей

Необходимо провести анализ работы станка (согласно варианту задания по курсовому проектированию) и установить его наиболее нагруженные узлы (механизм резания, подачи, работу подшипников в узлах и т. д.). После определения узла произвести расчет условий работы.

Произведем расчет условий работы ремонтируемого сопряжения на примере узла резания станка ЦМР-4.

Как было сказано ранее, самым нагруженным узлом станка является механизм резания. Быстроизнашиваемыми деталями в этом узле являются подшипники.

Произведем расчет условий работы.

Расчетные формулы, справочные данные и поправочные коэффициенты для выполнения данного примера принимаются из [11].

Расчет производится при минимальной толщине распиливаемого материала и при максимальной скорости подачи.

Рассчитаем кинематический угол встречи по формуле

$$\Theta = \arccos \frac{R - (h + a)}{R},$$

где R – радиус пильного диска, мм; a – высота сегмента пилы, выступающая из пропила, мм; h – толщина пропиливаемого материала, мм.

$$\Theta = \arccos \frac{60 - (4 + 0)}{60} \approx 21^\circ.$$

Определим силу сопротивления подачи:

$$F_Q = F_m \cdot \cos\theta + F_r \cdot \sin\theta,$$

$$F_Q = 45,2 \cdot \cos 21^\circ + 54,2 \cdot \sin 21^\circ = 62,7 \text{ Н.}$$

Определим силу нормальную к подаче:

$$F_S = F_m \cdot \sin\theta - F_r \cdot \cos\theta,$$

$$F_S = 45,2 \cdot \sin 21^\circ - 54,2 \cdot \cos 21^\circ = -37,2 \text{ Н.}$$

Рациональной скоростью подачи следует считать скорость равную 10 м/мин, т. к. станок с ручной подачей с большей скоростью работать не может.

Определим нагрузку на пильный вал от дисбаланса режущего инструмента $F_{ин}$, Н:

$$F_{ин} = m \cdot \omega^2 \cdot R = D \cdot \omega^2,$$

где D – диаметр инструмента, мм; ω – угловая скорость; неуравновешенность пил с пластинами твердого сплава не должна превышать 200–450 г · м, т. е. $mR \leq 0,00045$ кг · м.

Отсюда получим

$$F_{ин} = 0,00045 \cdot 261,7^2 = 30,8 \text{ Н.}$$

Определим равнодействующую сил резания:

$$F_p = \sqrt{F_m^2 + F_r^2},$$

$$F_p = \sqrt{45,2^2 + 54,2^2} = 70,6 \text{ Н.}$$

Результирующая сила, действующая на вал от пильного диска:

$$F_{\Sigma} = F_p + F_{ин},$$

$$F_{\Sigma} = 70,6 + 30,8 = 101,4 \text{ Н.}$$

Проектный расчет ременной передачи поликлиновыми ремнями выполняют по условию тяговой способности ремня.

1. В зависимости от передаваемого крутящего момента на ведущем валу передачи выберем тип ремня.

Тип ремня: К; базовая длина ремня $l_0 = 710$ мм.

2. Определим оптимальный размер меньшего (ведущего) шкива по формуле

$$D_1 = k \cdot \sqrt[m]{T_1},$$

где k и m – коэффициенты, зависящие от величины крутящего момента.

Полученное значение округлим до стандартного в большую сторону. Это позволяет увеличить долговечность ремня и КПД передачи.

$$D_1 = 30,3 \cdot \sqrt[3]{1,15} = 31,7 \text{ мм,}$$

$$D_1^{ст} = 40 \text{ мм.}$$

3. Определим диаметр большего шкива по формуле

$$D_2 = U \cdot D_1,$$
$$D_2 = 2 \cdot 40 = 80 \text{ мм.}$$

Полученное значение диаметра округлим до стандартного в меньшую сторону:

$$D_2^{\text{ст}} = 80 \text{ мм.}$$

4. Уточним частоту вращения ведомого вала n_2 по формуле

$$n_2 = \frac{D_1 \cdot n_1 \cdot (1 - \xi)}{D_2},$$

где ξ – коэффициент упругого скольжения ($\xi = 0,01-0,02$).

$$n_2 = \frac{40 \cdot 2500 \cdot (1 - 0,01)}{80} = 1237,5 \text{ мин}^{-1}.$$

5. Определим окружную скорость V ремня по формуле

$$V = \frac{\omega_1 \cdot D_1}{2000},$$
$$V = \frac{652 \cdot 40}{2000} = 13,04 \text{ м/с.}$$

В случае, если скорость ремня превысит 35 м/с, нужно выбрать шкив меньшего диаметра и повторить расчет по формулам заново.

6. Минимальное межосевое расстояние определим по формуле

$$a_{\min} = 0,55 \cdot (D_1 + D_2) + h,$$

где h – высота клина, мм.

$$a_{\min} = 0,55 \cdot (40 + 80) + 2,35 = 68,35 \text{ мм.}$$

Максимальное межосевое расстояние определим по формуле

$$a_{\max} = 2 \cdot (D_1 + D_2).$$

Выберем требуемое межосевое расстояние a .

$$a_{\max} = 2 \cdot (40 + 80) = 240 \text{ мм.}$$

Выберем минимальное значение межосевого расстояния:
 $a = 68,35 \text{ мм.}$

7. Определим требуемую длину ремня по формуле

$$l = 2 \cdot a + 0,5 \cdot \pi \cdot (D_1 + D_2) + \frac{\pi \cdot (D_2 - D_1)^2}{4 \cdot a}.$$

Полученное значение длины ремня округлим до стандартного принятого сечения.

$$l = 2 \cdot 68,35 + 0,5 \cdot 3,14 \cdot (40 + 80) + \frac{3,14 \cdot (80 - 40)^2}{4 \cdot 68,35} = 343,5 \text{ мм.}$$

Округлим до стандартного значения $l = 400 \text{ мм}$.

8. В связи с тем, что расчетная длина ремня отличается от стандартной, уточним межосевое расстояние по формуле

$$a = \frac{2 \cdot l - \pi \cdot (D_1 + D_2) + \sqrt{[2 \cdot l - \pi \cdot (D_1 + D_2)]^2 - 8 \cdot (D_2 - D_1)^2}}{8},$$

$$a = \frac{2 \cdot 400 - 3,14 \cdot (40 + 80) + \sqrt{[2 \cdot 400 - 3,14 \cdot (40 + 80)]^2 - 8(80 - 40)^2}}{8} =$$

$$= 103,5 \text{ мм.}$$

Наименьшее расстояние $a_{\text{наим}}$, необходимое для надевания ремней, определим по формуле

$$a_{\text{наим}} = a - 0,03 \cdot l,$$

$$a_{\text{наим}} = 103,5 - 0,03 \cdot 400 = 91,5 \text{ мм.}$$

Наибольшее расстояние $a_{\text{наиб}}$, необходимое для компенсации вытяжки ремней, определим по формуле

$$a_{\text{наиб}} = a + 0,03 \cdot l,$$

$$a_{\text{наиб}} = 103,5 + 0,03 \cdot 400 = 115,5.$$

Параметры и сечение поликлиновых ремней приведены на рис. 2.1.

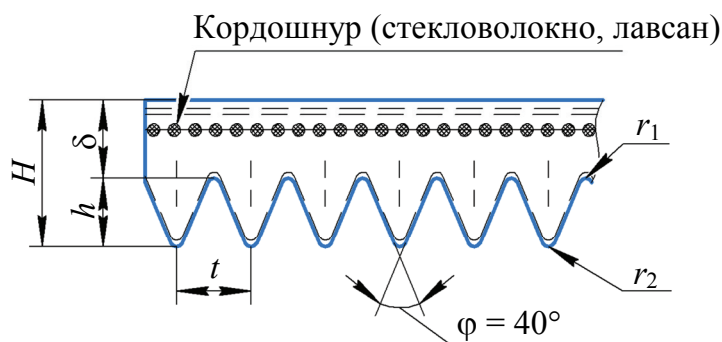


Рис. 2.1. Продольное сечение поликлинового ремня:
 H – высота профиля; h – высота клина; δ – высота полотна; t – шаг клиньев;
 φ – угол клина; r_1 и r_2 – радиусы вершины и впадины клина

Параметры поликлиновых ремней

Наименование параметра	Значение
Шаг ребер t , мм	2,4
Толщина ремня H , мм	4
Высота ребра h , мм	2,35
Радиус закругления впадин $r_{1\max}$, мм	0,1
Радиус закругления вершин $r_{2\max}$, мм	0,4
Длина ремня l , мм:	
минимальная	400
максимальная	2000
Число ребер рекомендуемое:	
минимальное z_{\min}	2
максимальное z_{\max}	36
Масса 1 м длины ремня с 10 ребрами q_{10} , кг/м	0,09

Примечание. Длину ремней принимать из ряда: 400, 450, 500, 560, 630, 710, 800, 900, 1000, 1120, 1250, 1400, 1600, 1800, 2000, 2240, 2500, 2800, 3150, 4000.

9. Угол охвата α малого шкива ремнем определим по формуле

$$\alpha = 180 - \frac{57 \cdot (D_2 - D_1)}{a} \leq [\alpha],$$

где $[\alpha]$ – допускаемое значение угла обхвата ($[\alpha] = 120^\circ$).

$$\alpha = 180 - \frac{57 \cdot (80 - 40)}{103,5} = 157,9^\circ \geq [\alpha] = 120^\circ - \text{условие не выполняется.}$$

10. Требуемое количество ребер Z ремня определим по формуле

$$Z = \frac{10 \cdot P_1}{[P]},$$

где $[P]$ – допустимая мощность, передаваемая одним ремнем с 10 ребрами, кВт, определяется по формуле

$$[P] = (P_0 \cdot K_\alpha \cdot K_L + \Delta P_1) \cdot K_p,$$

где P_0 – мощность, передаваемая одним ремнем с 10 ребрами; K_α – коэффициент угла обхвата α , определяемый по формуле

$$K_\alpha = 1 - 0,003 \cdot (180 - \alpha),$$

$$K_{\alpha} = 1 - 0,003 \cdot (180 - 157,9) = 0,93;$$

K_L – коэффициент длины ремня – определим по формуле

$$K_L = 0,1691 \cdot \ln\left(\frac{l}{l_0}\right) + 1,0024,$$

$$K_L = 0,1691 \cdot \ln\left(\frac{400}{710}\right) + 1,0024 = 0,91,$$

l_0 – стандартная длина ремня ближайшая большая к минимальной заданной, мм; ΔP_1 – поправка мощности, учитывающая влияние изгиба на большом шкиве, определяется по формуле

$$\Delta P_1 = 0,0001 \cdot \Delta T_{U1} \cdot n_1,$$

где ΔT_{U1} – поправка к моменту на быстроходном валу; K_p – коэффициент, учитывающий динамичность и режим нагрузки.

$$\Delta P_1 = 0,0001 \cdot 0,6 \cdot 7575 = 0,46 \text{ кВт}.$$

Полученное значение необходимо округлить до целого в большую сторону. При этом должно выполняться условие

$$Z_{\min} \leq Z \leq Z_{\max}.$$

Если условие не выполняется, то необходимо увеличить межосевое расстояние или, если возможно, увеличить диаметр малого шкива и повторить расчет заново.

$$[P] = (3,2 \cdot 0,93 \cdot 0,91 + 0,46) \cdot 1 = 3,2 \text{ кВт};$$

$$Z = \frac{10 \cdot 0,75}{3,2} = 2,34 \approx 3 \text{ шт}.$$

$$Z_{\min} = 2 \leq Z = 3 \leq Z_{\max} = 36 \text{ – условие выполняется.}$$

11. Сила предварительного натяжения ремня определяется по формуле

$$F_0 = \frac{780 \cdot P_0}{V \cdot K_{\alpha} \cdot K'_p} + \frac{q_{10} \cdot z}{10} \cdot V^2,$$

где q_{10} – масса 1 м ремня с 10 зубьями; K'_p – коэффициент динамичности и режима нагрузки при односменной работе.

12. Силу, действующую на валы, определим по формуле

$$F_B = 2 \cdot F_0 \cdot \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right).$$

Определим силу, действующую на шкив:

$$F_{\text{ш}} = F_{\text{ин}} + F_B,$$

Пример построения эпюры изгибающих моментов показан на рис. 2.2.

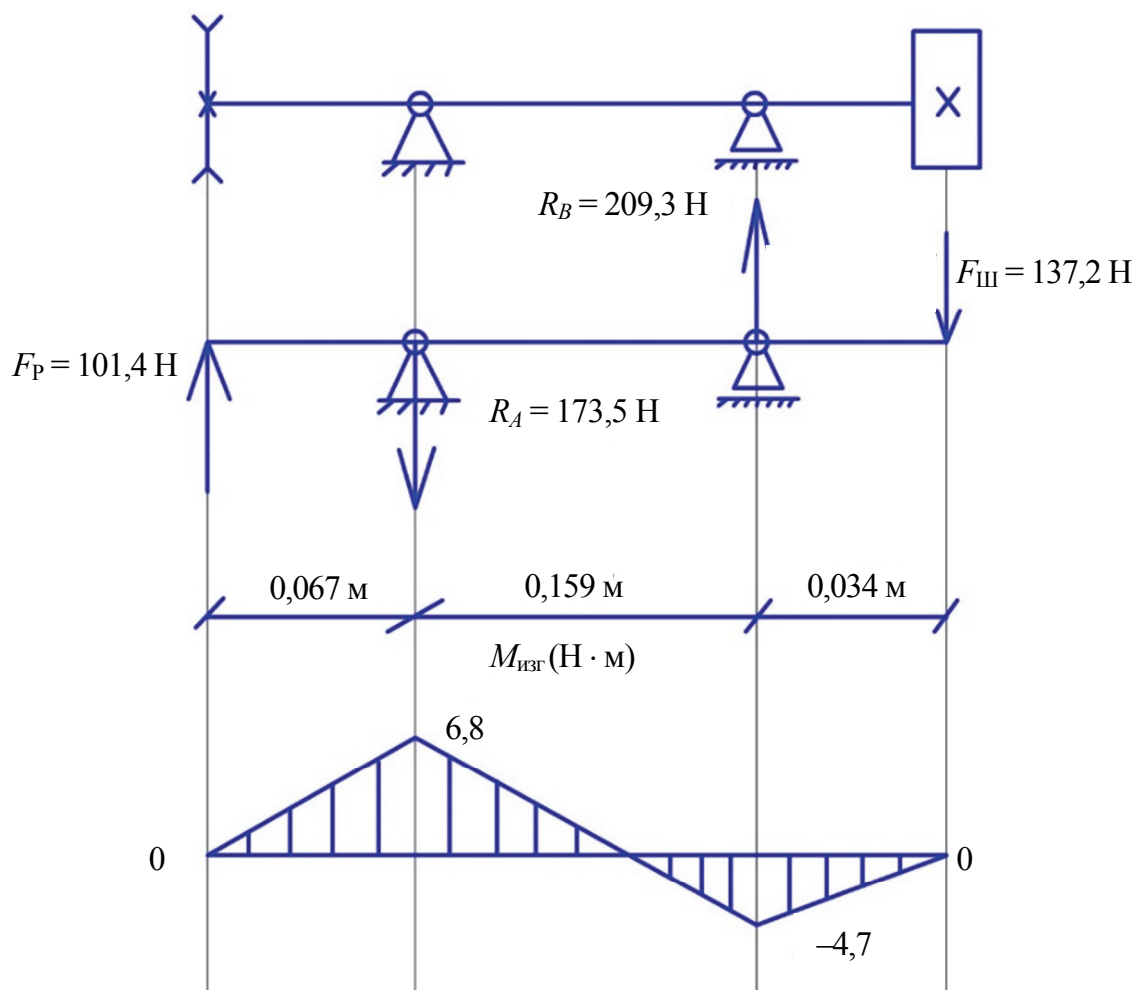


Рис. 2.2. Эпюра изгибающих моментов

Расчеты реакций опор и изгибающих моментов приведены в приложении.

Произведем проверочный расчет подшипников, установленных на пильном валу.

Проверочный расчет подшипников на долговечность. Существует два вида расчетов подшипников качения:

– по статической грузоподъемности для предотвращения пластических деформаций тел и дорожек качения. Расчет выполняют при частоте вращения $n < 1 \text{ мин}^{-1}$;

– по динамической грузоподъемности для предотвращения усталостного контактного выкрашивания тел и дорожек качения. Расчет выполняется при $n > 1 \text{ мин}^{-1}$.

Расчет выполняется для предварительно выбранных подшипников в следующей последовательности:

1) определяют эквивалентные нагрузки, действующие на подшипники опор;

2) определяют отношение $C / P = \gamma$ в зависимости от принятой долговечности и частоты вращения вала n для каждого из подшипников опор;

3) вычисляют требуемую динамическую грузоподъемность подшипников по формуле $C = P \cdot \gamma$;

4) полученные значения C сравнивают с паспортными для предварительно выбранных подшипников.

Проверочный расчет большего подшипника. Расчет производим для подшипника в наиболее нагруженной опоре В.

Принимаем долговечность подшипников $L_h = 5000 \text{ ч}$, $C / P = \gamma = 5,94$, $e = 0,328$.

Вычисляем осевые составляющие реакции опор от действия радиальных сил:

$$S_A = 0,83 \cdot e \cdot R_A = 0,83 \cdot 0,328 \cdot 2952,7 = 803,8 \text{ Н};$$

$$S_B = 0,83 \cdot e \cdot R_B = 0,83 \cdot 0,328 \cdot 4511,5 = 1228,2 \text{ Н}.$$

Определяем расчетную осевую нагрузку F_{x2} с учетом схемы расположения подшипников, представленной на рис. 2.3.

$$F_{x2} = S_B = 1228,2 \text{ Н}.$$

Определяем отношение $\frac{F_x}{R \cdot V}$ и сравниваем его с коэффициентом e .

$$\frac{F_{x2}}{R_B \cdot V} = \frac{1228,2}{5381,2 \cdot 1} = 0,228 < e \rightarrow X = 1; Y = 0.$$

Определяем эквивалентную динамическую нагрузку:

$$P = (X \cdot V \cdot R + Y \cdot F_x) \cdot K_\sigma \cdot K_T,$$

где R – радиальная нагрузка, действующая на подшипник, кН; F_x – осевая нагрузка, кН; V – коэффициент вращения, при вращении внутреннего кольца $V = 1$, наружного $V = 1,2$; K_σ – коэффициент безопасности, при спокойной нагрузке $K_\sigma = 1$, с малыми толчками $K_\sigma = 1,2-1,5$; K_T – температурный коэффициент, $K_T = 1$; X – коэффициент радиальной нагрузки; Y – коэффициент осевой нагрузки; e – коэффициент осевого нагружения.

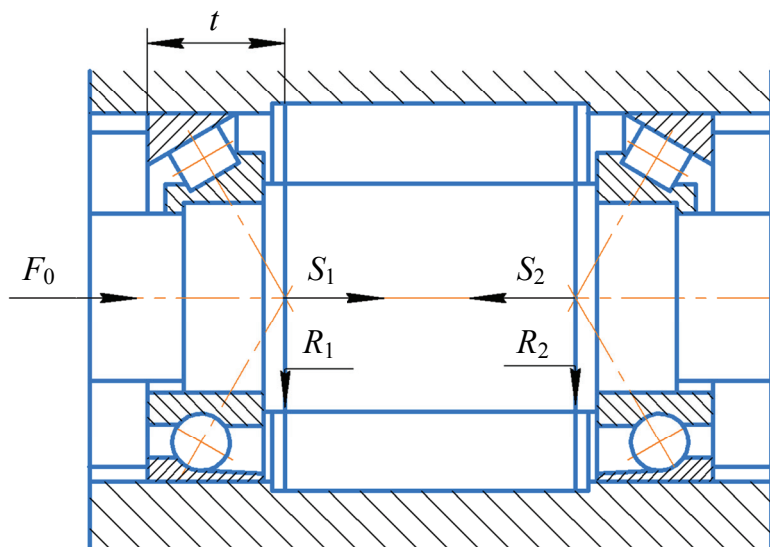


Рис. 2.3. Схема нагружения опор

$$P_B = (1 \cdot 1 \cdot 5,3812 + 0 \cdot 1,228) \cdot 1 \cdot 1 = 5,38 \text{ кН.}$$

Требуемая динамическая грузоподъемность подшипников

$$C_B = P_B \cdot \gamma = 5,38 \cdot 5,94 = 31,96 \text{ кН};$$

$$C = 180 \text{ кН.}$$

Недогрузка составляет 83%.

Проверочный расчет меньшего подшипника

Расчет производим для подшипника в наиболее нагруженной опоре F .

Принимаем долговечность подшипников $L_h = 5000$, определяем $C / P = \gamma = 1,96$. Находим $e = 0,25$.

Вычисляем осевые составляющие реакции опор от действия радиальных сил:

$$S_C = e \cdot R_C = 0,25 \cdot 65\,712,8 = 16\,428,2 \text{ Н};$$

$$S_D = e \cdot R_D = 0,25 \cdot 26\,520,3 = 6630,075 \text{ Н}.$$

Определяем расчетную осевую нагрузку F_{x2} с учетом схемы расположения подшипников, представленной на рис. 2.2:

$$F_{x2} = S_C = 16\,428,2 \text{ Н}.$$

Определяем отношение $\frac{F_x}{R \cdot V}$ и сравниваем его с коэффициентом e :

$$\frac{F_{x2}}{R_B \cdot V} = \frac{16\,428,2}{26\,520,3 \cdot 1} = 0,62 > e.$$

Определяем эквивалентную динамическую нагрузку

$$P_C = V \cdot R \cdot K_\sigma \cdot K_T = 1 \cdot 26\,520,3 \cdot 1 \cdot 1 = 26,52 \text{ кН}.$$

Требуемая динамическая грузоподъемность подшипников:

$$C_C = P_C \cdot \gamma = 26\,520,3 \cdot 1,96 = 51,98 \text{ кН};$$

$$C = 78,4 \text{ кН}.$$

Недогрузка составляет 35%.

2.4. Технологии и методы, применяемые для восстановления выявленных быстроизнашиваемых деталей оборудования

Основная задача, которую преследуют ремонтные предприятия, это снижение себестоимости ремонта машин и агрегатов при обеспечении гарантий потребителей, т. е. гарантии послеремонтного ресурса.

Технологии восстановления деталей относятся к разряду наиболее ресурсосберегающих, так как по сравнению с изготовлением новых деталей сокращаются затраты (на 70%).

Для восстановления работоспособности изношенных деталей требуется в 5–8 раз меньше технологических операций по сравнению с изготовлением новых деталей.

Правильный выбор способа воздействия на материал детали оказывает существенное влияние:

- на шероховатость и площадь опорной поверхности детали;
- точность ее формы и размера;
- эксплуатационные свойства.

Основные способы воздействия на материал детали:

1) механические, основанные на резании лезвийным и абразивным инструментом (сверление, зенкерование, развертывание, растачивание, хонингование, шлифование, суперфиниширование, фрезерование и др.), а также на пластическом деформировании поверхностного слоя выглаживающим инструментом;

2) пластическое деформирование металла путем силового воздействия на него в холодном и горячем состоянии;

3) тепловые – воздействие на металл при образовании неразъемных соединений, при восстановлении размеров детали сваркой, наплавкой и различных видах сушки лакокрасочных покрытий;

4) поверхностные – нанесение декоративных, износостойких и антикоррозионных покрытий (нанесение ремонтных металлических покрытий газодинамическим способом, нанесение антикора и т. д.);

5) способы воздействия на детали с использованием ремонтных композитных материалов, клеевых составов и герметиков (фиксация, склеивание, уплотнение, стопорение, холодная молекулярная сварка).

В ремонтной практике применяются следующие основные способы восстановления изношенных деталей: механическая и слесарная обработка, сварка, наплавка, металлизация, хромирование, никелирование, осталивание, склеивание, упрочнение поверхности деталей и восстановление их формы под давлением. Как правило, после восстановления детали одним из способов ее подвергают механической или слесарной обработке, что необходимо для восстановления посадок сопряженных деталей, устранения овальности или конусности их поверхностей, обеспечения требуемой чистоты обработки.

Механической и слесарной обработкой восстанавливают детали с плоскими сопрягаемыми поверхностями (направляющие

станин, планки, клинья). При износе направляющих до 0,2 мм их восстанавливают шабрением, при износе до 0,5 мм – шлифованием, а при износе более 0,5 мм – строганием с последующим шлифованием или шабрением.

При ремонте валов, осей, винтов и тому подобного в первую очередь проверяют и восстанавливают их центровые отверстия. После этого поверхности, имеющие незначительный износ (царапины, риски, овальность до 0,02 мм), шлифуют, а при более значительных износах наращивают, обтачивают и шлифуют до ремонтного размера.

При ремонте изношенных деталей нередко возникают трудности при выборе способа базирования детали для обработки в связи с изменением основной установочной базы изношенной детали. В таких случаях ориентируются не на основные установочные, а на вспомогательные базы, и от них ведут обработку рабочих поверхностей. Наряду с восстановлением деталей механической обработкой при ремонте негодную часть детали иногда заменяют новой.

Применение компенсаторов износа

Чтобы восстановить первоначальные посадки сопряженных деталей, при их значительном износе применяют детали-компенсаторы. Одну из сопрягаемых деталей обрабатывают до ближайшего ремонтного размера и во вторую вставляют промежуточную деталь-компенсатор. Детали-компенсаторы могут быть сменными и подвижными. Сменные компенсаторы устанавливают в сопряжении, в котором износ появился к моменту ремонта. Подвижные компенсаторы устанавливают тогда, когда можно, не производя ремонта, соответствующим перемещением компенсатора относительно основных деталей устранить зазор, образующийся вследствие износа деталей. Сменными компенсаторами для цилиндрических деталей служат втулки и кольца, а для плоских – планки. Для наиболее распространенных узлов станков сменные детали-компенсаторы целесообразно изготавливать заранее в соответствии со шкалой ремонтных размеров.

Типовые случаи применения деталей-компенсаторов, используемых для устранения износа сопряжений, показаны на рис. 2.4. При износе наружной цилиндрической поверхности вала на него напрессовывают или сажают на клей втулку (рис. 2.4, а). На изно-

сившуюся шейку коленчатого вала устанавливают полувтулку (рис. 2.4, б). Если в отверстии «разработалась» резьба, то в него ввертывают дополнительную втулку (ввертыш) с вновь нарезанной резьбой (рис. 2.4, в). При износе внутренней цилиндрической или конусной поверхности в деталь также вставляют втулку (рис. 2.4, з). Износ плоскостей чаще всего компенсируют планкой (рис. 2.4, д), которую привинчивают к ремонтируемой детали. Как видно из примеров, сменные детали в большинстве случаев скрепляют с одной из деталей сопряжения при помощи прессовой посадки, винтов, сваркой или универсальным клеем.

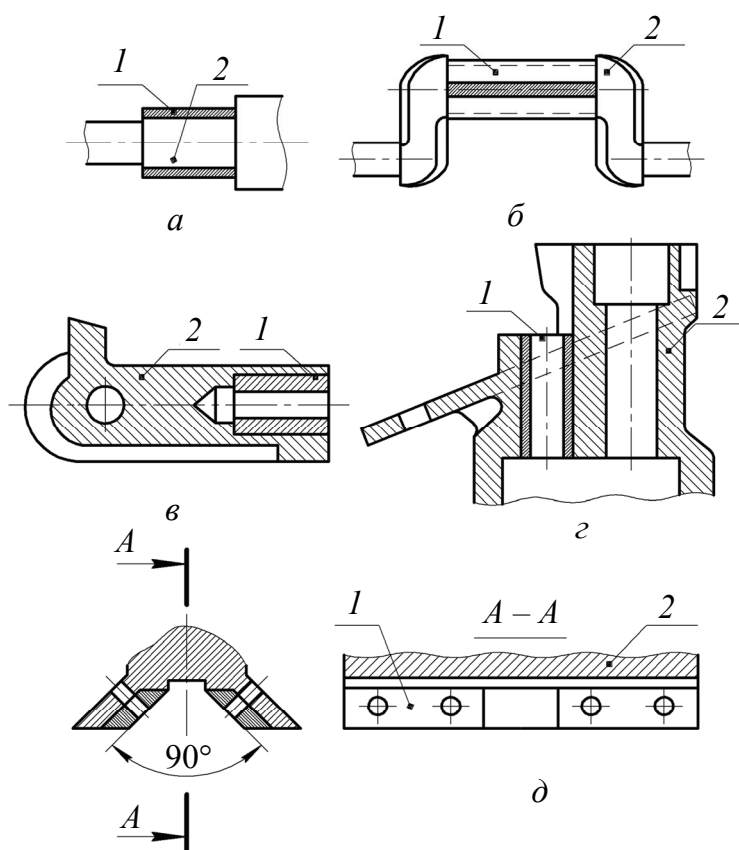


Рис. 2.4. Типовые случаи применения дополнительных деталей при ремонте: а – установка на валу втулки; б – установка полувтулки на шейке коленчатого вала; в – установка втулки с резьбой; г – установка втулки в отверстие; д – установка планки на износившейся плоскости; 1 – деталь-компенсатор; 2 – ремонтируемая деталь

Ремонт повреждений и заделка трещин. Дефекты, возникающие в деталях в результате действия внутренних напряжений, больших усилий или из-за механических повреждений (трещины, пробоины, значительные задиры, царапины и выкрашивания),

устраняют слесарно-механической обработкой. Трещины и пробоины запаивают, заваривают, заливают, металлизуют, ставят штифты и заплаты. Заплаты применяют для заделки пробоин и больших трещин, соединяя заплату с основной деталью винтами или заклепками. Для чугунных и дюралюминиевых деталей используют винты, а для стальных – еще и заклепки.

Восстановление деталей сваркой и наплавкой

При ремонте оборудования сварку применяют: для получения неразъемных соединений при восстановлении разрушенных и поврежденных деталей, для восстановления размеров изношенных деталей и повышения их износостойкости путем наплавки более стойких металлов (рис. 2.5).

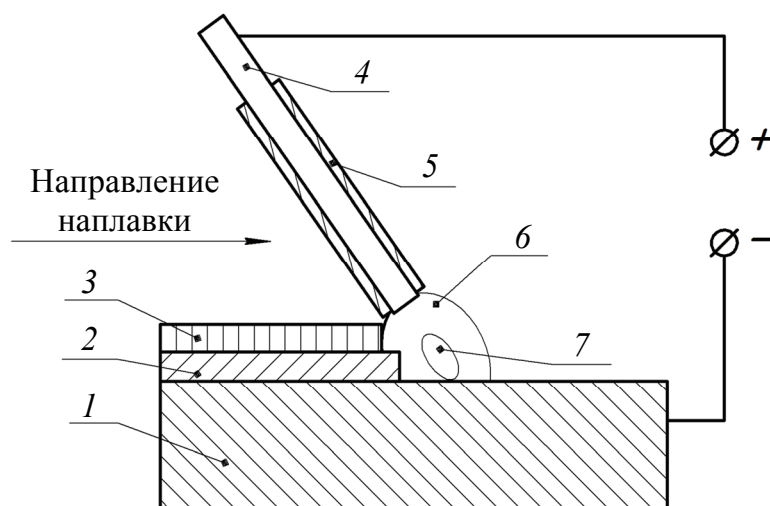


Рис. 2.5. Схема ручной наплавки:

1 – основной металл; 2 – наплавленный валик;
3 – шлаковая корка; 4 – электродный стержень; 5 – покрытие электродного стержня; 6 – газошлаковая защита; 7 – сварочная ванна

Автоматизированные процессы сварки и наплавки являются более совершенными и экономически эффективными по сравнению с ручными способами. Наибольшее распространение в ремонтной практике получила автоматическая и полуавтоматическая дуговая сварка и наплавка под слоем флюса. Ручные способы сварки и наплавки менее совершенны, но являются незаменимыми при ремонте деталей машин в неспециализированных ремонтных предприятиях благодаря маневренности, универсальности и простоте процесса.

Газовую сварку применяют для восстановления деталей из серого чугуна. Детали малого размера и веса сваривают без предварительного подогрева, а крупные детали предварительно нагревают.

Электродуговая сварка более экономична и создает более надежное сварное соединение по сравнению с газовой сваркой.

Правильная подготовка детали к сварке обеспечивает высокое качество наплавленного слоя и прочное сцепление его с основным металлом. Перед сваркой детали очищают и разделяют их кромки. Поверхность деталей очищают стальной щеткой, напильником, наждачным полотном, абразивным кругом, пескоструйным аппаратом, затем промывают бензином или керосином, а также подвергают щелочному травлению. Кромки листов, свариваемых встык, разделяют (скашивают) под углом (60–70°), а края изломов и пробоин выравнивают.

Наплавка является одним из основных методов восстановления деталей. Она широко применяется в тех случаях, когда трущимся поверхностям необходимо придать большую износоустойчивость. Наплавляют два, три и более слоя твердыми сплавами, позволяющими увеличить срок службы деталей в несколько раз. Качество наплавки в значительной степени зависит от состояния восстанавливаемой поверхности. Чугунные и стальные детали из малоуглеродистой стали перед наплавкой обезжиривают с целью удаления масла из пор и трещин. Для этого поверхность детали обжигают газовой горелкой, паяльной лампой или в нагревательных печах. Копоть, налет окислов после обжига удаляют с поверхности детали наждачным полотном или ветошью, смоченной керосином или бензином. Участок детали под наплавку обрабатывают стальными щетками или абразивными кругами.

Восстановление деталей металлизацией

Металлизацией называется нанесение расплавленного металла на поверхность детали. Расплавленный металл в специальном приборе – металлизаторе – струей воздуха или газа распыляется на мельчайшие частицы и переносится на предварительно подготовленную поверхность детали. Нанесенный слой не является монолитным, а представляет собой пористую массу, состоящую из мельчайших окисленных частиц (рис. 2.6).

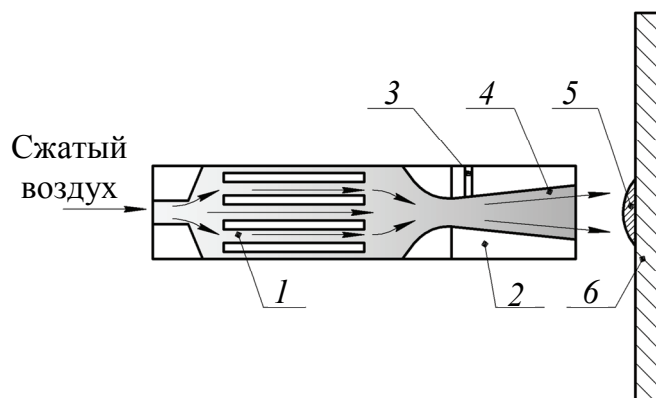


Рис. 2.6. Схема газодинамической металлизации:
 1 – нагреватель; 2 – сменная часть сопла; 3 – порошок; 4 – сверхзвуковое сопло; 5 – нанесенный металл; 6 – восстанавливаемая деталь

Данный метод основан на использовании сверхзвуковых скоростей полета напыляемых частиц (в пределах 500–900 м/с), что позволяет формировать достаточно плотные покрытия с пористостью до 0,1% и прочностью сцепления с основой более 80 МПа. Кроме того, из-за незначительной шероховатости напыленной поверхности механическая обработка после нанесения покрытия практически не требуется или имеет небольшой объем.

При высокоскоростном напылении нанесение покрытий осуществляется путем нагрева и распыления напыляемых материалов в сверхзвуковой струе продуктов сгорания жидкого или газообразного топлива (керосин, метан, пропан и др.) в кислороде (воздухе), подаваемых в камеру с профилированным соплом. При этом ускорение и нагрев напыляемых частиц газовым потоком происходит в протяженном разгонном канале сопла горелочного устройства, являющимся составной частью его газодинамического тракта. Специальное профилирование соплового устройства горелки позволяет обеспечить необходимые энергетические характеристики частиц.

В зависимости от применяемого газа-окислителя различают:

- высокоскоростное кислородно-топливное напыление (HVOF-spraying);

- высокоскоростное воздушно-топливное напыление (соответственно HV A F-spraying).

Технология HVOF-spraying (скорость истечения газового потока – 2300 м/с, скорость напыляемых частиц 400–900 м/с, температура процесса 3000°C) реализуется главным образом для созда-

ния износостойких, теплозащитных, электроизоляционных и других покрытий.

Технология HVAF-spraying (скорость истечения газового потока – до 1800 м/с, скорости напыляемых частиц находятся в диапазоне 300–600 м/с, температура процесса – 2000°С) оптимальна для нанесения антикоррозионных покрытий на крупногабаритные стальные объекты при их монтаже и ремонте.

Сдерживающими факторами широкого применения высокоскоростного напыления в практике ремонта горного оборудования являются дороговизна автоматизированного комплекса по высокоскоростному напылению, значительный шумовой эффект, достигающий 130 дБ. В связи с этим высокоскоростное напыление износостойких твердых сплавов применяется, главным образом, при централизованном восстановлении роторов винтовых и центробежных насосов, штоков компрессоров, при восстановлении и защите от коррозии плунжеров и других деталей гидравлических систем, применяемых в горном деле. При этом прочность сцепления покрытия с основой превышает 80 МПа

Способом металлизации восстанавливают размеры посадочных мест для подшипников качения, зубчатых колес, муфт, шеек коленчатых валов и т. п.

Чтобы металлизационный слой прочно соединился с поверхностью детали, поверхность очищают от грязи и масла и подвергают пескоструйной обработке.

Твердость металлизационного покрытия определяется качеством наносимого материала.

Гальванические покрытия

Подготовка деталей включает в себя следующие операции:

- механическая обработка восстанавливаемых поверхностей;
- очистка деталей от загрязнений и окислов;
- предварительное обезжиривание;
- изоляция поверхностей, не подлежащих наращиванию;
- крепление деталей на подвесных приспособлениях;
- окончательное обезжиривание и промывка в воде;
- активация (анодная или химическая обработка);
- промывка после активации, если она проводилась химической обработкой в водном растворе кислоты.

Для повышения поверхностной твердости деталей и увеличения их сопротивления механическому износу, а также для восстановления размеров деталей их покрывают слоем хрома (хромируют) толщиной 0,25 и 0,3 мм (рис. 2.7).

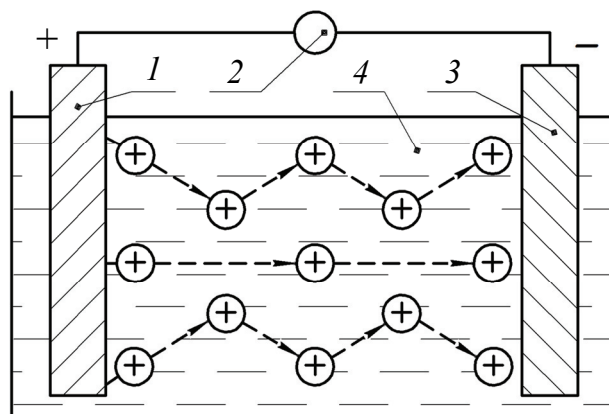


Рис. 2.7. Схема нанесения гальванического покрытия:
 1 – анод (металлическая пластинка); 2 – источник тока;
 3 – катод (восстанавливаемая деталь); 4 – электролит

Твердые хромовые покрытия подразделяются на два вида: гладкое и пористое. При гладком хромировании смазка на поверхности детали не удерживается из-за плохой «смачиваемости». При работе деталей возникает сухое трение, на трущихся поверхностях появляются задиры. Для устранения этого недостатка применяют пористое хромирование. В порах и каналах, образующихся на наружной поверхности детали, задерживается смазка, снижающая износ и удлиняющая срок службы деталей. Твердое гладкое хромирование применяют для восстановления размеров деталей, работающих с неподвижными посадками, а пористое – для деталей, работающих при значительных удельных давлениях, повышенных температурах и с большими скоростями скольжения. Пores и каналы в хромовых покрытиях чаще всего образуются электрохимическим способом, при помощи анодного травления.

Восстановление деталей путем гальванического наращивания слоя стали (осталивание, или железнение) – один из эффективных методов современной технологии ремонта. Осталивание в отличие от хромирования позволяет наносить слой металла значительно большей толщины (2–3 мм и более). Этим способом целесообразно восстанавливать детали с неподвижными посадками или детали с невысокой поверхностной твердостью; детали, работающие на

трение при величине износа более 0,5 мм; детали, работающие одновременно на удары и истирание.

Твердое никелирование. Повышенная твердость никелевых покрытий достигается за счет применения электролитов специального состава, обеспечивающих получение осадков никеля с фосфором. Никелевые покрытия с содержанием фосфора обычно называют никельфосфорными покрытиями, а процесс их получения – твердым никелированием. Твердое никелирование может осуществляться электрическим и химическим способами. Химическое никелирование является более простым и осуществляется путем выделения никеля из растворов его солей с помощью химических препаратов – восстановителей.

Восстановление изношенных деталей давлением

Поврежденные и изношенные детали можно восстанавливать давлением. Этот способ основан на использовании пластичности металлов, т. е. их способности под действием внешних сил изменять свою геометрическую форму, не разрушаясь. Детали восстанавливают до номинальных размеров при помощи специальных приспособлений, путем перемещения части металла с нерабочих участков детали к ее изношенным поверхностям. При восстановлении деталей давлением изменяется не только их внешняя форма, но также структура и механические свойства металла. Применяя обработку давлением, можно восстанавливать детали, материал которых обладает пластичностью в холодном или нагретом состоянии. Изменение формы детали и некоторых ее размеров в результате перераспределения металла не должно ухудшать их работоспособность и снижать срок службы. Механическая прочность восстановленной детали должна быть не ниже, чем у новой детали.

К основным видам восстановления различных деталей давлением относятся:

- осадка при восстановлении втулок, пальцев, зубчатых колес;
- раздача при восстановлении пальцев поршней, роликов автоматов и т. п.;
- обжатие при восстановлении вкладышей подшипников и втулок;
- вдавливание при восстановлении зубчатых колес и шлицевых валиков;

– правка для выправления гладких и коленчатых валов и рычагов;

– накатка для увеличения диаметра шеек и цапф валов за счет поднятия гребешков металла при образовании канавок.

Метод пластического деформирования при ремонте деталей применяется не только для восстановления размеров изношенных деталей, но и с целью повышения их прочности и долговечности. Поверхностное упрочнение деталей повышает износостойкость и прочность деталей.

Пластическое деформирование деталей производят также обработкой стальной или чугунной дробью, чеканкой, обкаткой роликами или шариками.

Восстановление и склеивание деталей с использованием пластмасс

Для восстановления изношенных деталей при ремонте металлорежущих станков применяют пластмассы. В качестве клея пластмассы широко используются для склеивания поломанных деталей, а также для получения неподвижного соединения деталей, изготовленных из металлических и неметаллических материалов. При ремонте металлорежущих станков наибольшее распространение получили такие пластмассы, как текстолит, древесно-слоистые пластики и быстротвердеющая пластмасса – стиракрил. Текстолит и древесно-слоистые пластики применяются для восстановления изношенных поверхностей направляющих станков, изготовления зубчатых колес, подшипников скольжения, втулок и других деталей с трущимися рабочими поверхностями.

Одним из эффективных способов получения неподвижных соединений является склеивание деталей. По сравнению с клепкой, сваркой и сбалчиванием клеевые соединения имеют такие преимущества, как соединение материалов в любом сочетании, уменьшение веса изделий, герметичность клеевых швов, антикоррозионную стойкость и во многих случаях снижение стоимости ремонта изделия. В практике ремонта металлорежущих станков широко используется карбинольный клей и клей типа БФ. Детали, склеенные карбинольным клеем с наполнителем из непористого материала, устойчивы против действия воды, кислот, щелочей, спирта, ацетона и подобных растворителей. Различные марки клея БФ отличаются содержанием компонентов и назначением.

Процесс восстановления деталей склеиванием состоит из трех этапов: подготовки поверхности, склеивания и обработки швов. Поверхности деталей, подлежащих склеиванию, очищаются от масла, загрязнений и хорошо пригоняются. Клей наносят кистью или стеклянной палочкой. Жидкий клей наносят на обе соединяемые поверхности.

Для склеивания деталей, работающих при температуре 60–80°С, применяют клей БФ-2. Для склеивания деталей, работающих в щелочной среде, – клей БФ-4. Клеем БФ-6 приклеивают ткани и резину к металлу.

Восстановление деталей композиционными материалами

В настоящее время станочный парк большинства деревообрабатывающих предприятий страны на 75–85% выработал свой ресурс и не соответствует требованиям современного производства, темпы списания техники превышают объемы ее поступления в 4–6 раз. Вследствие этого происходит увеличение нагрузки на работающие машины и механизмы, эксплуатация идет с нарушением сроков проведения технического обслуживания и плановых ремонтов. Поэтому обеспечение работоспособности станочного парка при минимальных затратах труда, материально-денежных средств и энергоресурсов является актуальной задачей для деревообрабатывающего производства.

Издержки на поддержание технологического оборудования в работоспособном состоянии существенно влияют на себестоимость продукции. Одним из резервов снижения материальных затрат при эксплуатации и ремонте оборудования, а также одной из приоритетных задач в развитии системы технического сервиса деревообрабатывающего оборудования является развитие восстановления изношенных деталей (рис. 2.8), как альтернативы замены на новые при обслуживании стареющего парка машин.

Это становится наиболее актуальным в современной экономической ситуации, когда происходят постоянный рост стоимости оборудования и запасных частей, снижение платежеспособности предприятий, дефицит квалифицированных инженерных кадров, низкий уровень надежности и слабая ремонтно-техническая база.

Решение поставленных задач и проблемы в целом возможно на основе широкого использования новых ресурсосберегающих технологий технического обслуживания и ремонта машин.

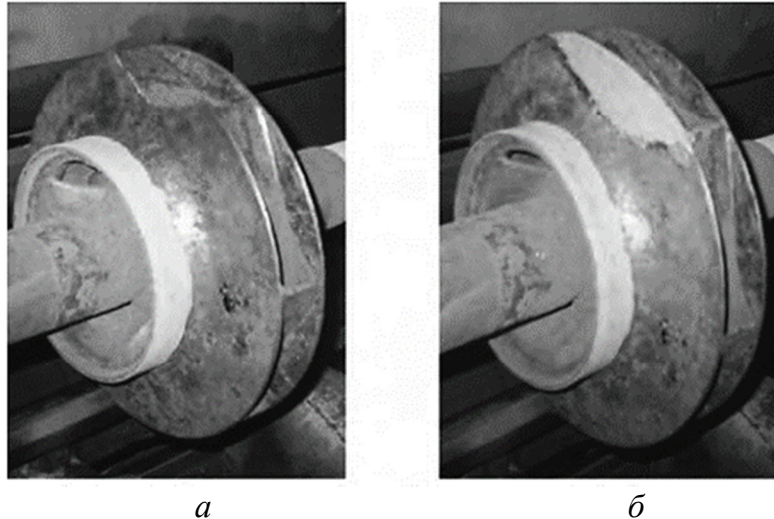


Рис. 2.8. Восстановленный узел насоса (крыльчатка):
а – до восстановления; *б* – после восстановления

Затраты на покупку новых запасных частей вместо предельно изношенных могут достигать в течение всего срока службы до 70% стоимости оборудования. Себестоимость восстановления детали составляет от 15 до 70% себестоимости изготовления новой. В европейских странах восстановленные детали преобладают, потому что они в 1,5–2,5 раза дешевле новых, а по ресурсу не уступают им и даже превосходят. Это достигается, прежде всего, за счет участия фирм-производителей оборудования и специализированных фирм по восстановлению изношенных деталей.

Ремонтные материалы и составы на основе разнообразных полимеров, выпускаемые как зарубежными, так и отечественными производителями, по функциональному признаку можно разделить на четыре большие группы.

1. Клеи для соединения различных деталей. В качестве клеев часто используют ненаполненные синтетические смолы, например, эпоксидные.

2. Эластомеры для ремонта резиноподобных изделий.

3. Герметики (в том числе и анаэробные) для заделки микропор и микротрещин. В большинстве случаев это растворы пониженной вязкости кремнийорганических, силиконовых и других каучуков, составы акрилового ряда и др.

4. Конструкционные пастообразные композиционные материалы (металлополимеры) на основе смол (в основном органических, терморезистивных) холодного отверждения (отверждаются при нормальных температурах без дополнительного нагре-

ва), содержащие керамические, металлические и минеральные наполнители.

Наибольшее распространение в ремонтных работах промышленного оборудования нашли материалы, относящиеся к четвертой группе. Эти композиционные материалы (по сравнению с чистыми полимерами) обладают повышенной жесткостью, твердостью, прочностью и вибростойкостью, адгезионной прочностью к различным материалам, теплостойкостью, стабильностью размеров, а также пониженной газо- и водопроницаемостью. Они способны выдерживать существенные нагрузки и обеспечивают успешную эксплуатацию отремонтированных с их использованием металлических, пластмассовых, керамических и других деталей и узлов. Их применение позволяет выполнить наибольшую часть ремонтных работ по восстановлению деталей и узлов машин общетехнического назначения: восстановление посадочных мест под подшипники; заделку трещин и протечек в корпусных деталях, резервуарах и трубопроводах; герметизацию сварных швов; восстановление и герметизацию резьбовых и фланцевых соединений, а также нанесение защитных антикоррозионно-эрозионных и других покрытий. Кроме того, при ремонте жестких конструкций металлополимеры могут быть использованы и в качестве клеев.

Отечественными учеными также разработаны перспективные технологические процессы восстановления, обеспечивающие деталям повышенный послеремонтный технический ресурс и, соответственно, повышение надежности узлов, агрегатов и машины в целом.

Восстановление посадочных мест под подшипники качения

В общем объеме отказов машин 30–37% приходится на подшипники качения. Одной из основных причин, приводящих к отказу подшипников качения, является износ посадочных мест подшипников вследствие фреттинг-коррозии. Существует множество способов восстановления посадочных мест подшипников качения. Основные из них: наплавка, нанесение электролитических покрытий, установка дополнительной детали, электроконтактная приварка стальной ленты. Однако данные способы имеют ряд недостатков: высокая себестоимость, потребность в дорогостоящем технологическом оборудовании, сложность технологического процесса, необходимость механической обработки восстанавливаемых поверхностей, не устраняется фреттинг-коррозия.

Повышение долговечности подшипников может быть осуществлено посредством совершенствования конструкции узла трения на основе детального анализа условий его эксплуатации с использованием в процессах восстановления и изготовления его деталей из износостойких материалов.

При эксплуатации подшипников в непосредственном контакте с абразивной и коррозионной средой в условиях отсутствия или ограниченного поступления смазочных материалов рекомендуется замена подшипников качения парами трения скольжения с применением вкладышей из антифрикционных материалов, полимеров либо композиционных материалов на их основе.

Применение полимеров снижает трудоемкость ремонта машин на 20–30%, себестоимость работ – на 15–20%, сокращает расход черных и цветных металлов на 40–50%.

Применение полимерных материалов для восстановления посадочных мест подшипников качения позволяет устранить вышеперечисленные недостатки. Положительной особенностью способа является и то, что при восстановлении посадочных мест подшипников полимерными материалами из-за упругой деформации наружного кольца снижается коэффициент неравномерности распределения нагрузки между телами качения и повышается долговечность подшипника. Также благодаря наличию полимерного покрытия увеличивается деформация поверхности желоба подшипника в зоне контакта с нагруженными телами качения, что приводит к увеличению площади пятна контакта и снижению контактных напряжений.

Так, при восстановлении посадочных мест герметиком АН-103 долговечность подшипника 208 увеличивается в сравнении с расчетной до 4 раз при местном и до 5 раз при циркуляционном нагружении наружного кольца подшипника, применение герметика 6Ф увеличивает долговечность подшипника 208 в сравнении с расчетной до 3,5 раз при циркуляционном и до 8,5 раз при местном нагружении наружного кольца подшипника.

Перспективным направлением для восстановления неподвижных соединений подшипников качения является применение полимерных композиций на основе анаэробных герметиков и дисперсных наполнителей. Введение в полимерную матрицу твердых мелкодисперсных частиц наполнителя осуществляется для изменения механических, теплофизических, тиксотропных и других

свойств пар трения, позволяющих получать лучшие в триботехническом отношении закономерности изнашивания.

Несмотря на высокие антифрикционные свойства, область применения полимеров ограничена ввиду низкой прочности и жесткости при сжатии и сдвиге, отсутствия термической стабильности в области высоких температур, изменения физико-механических характеристик при старении и под воздействием климатических факторов.

Перечисленных недостатков можно избежать применением углеродных наноматериалов и металлических нанопленок, нанесенных на порошковые носители, которые могут исполнять роль наполнителя, повышая адгезионную совместимость компонентов полимерного нанокомпозита, либо введением в зону трения в качестве сухого смазочного материала (углеродные нанотрубки, сульфидированные нанопленки молибдена). Основным сдерживающим фактором широкого внедрения наноматериалов в производственные процессы является отсутствие отработанной технологии их синтеза в достаточном количестве.

Восстановление гидроцилиндров производственного оборудования

В конструкциях разнообразных деревообрабатывающих станков широко используются гидравлические цилиндры. Гидроцилиндр представляет собой гидравлический двигатель с поступательным движением выходного звена. В зависимости от величины требуемых сил и скоростей движения рабочих органов применяются различные конструкции гидроцилиндров (одностороннего и двухстороннего действия, одноштоковые и двухштоковые, плунжерные, телескопические и т. д.).

В процессе эксплуатации часто возникают случаи повреждения зеркала гидроцилиндра, чаще всего либо вследствие случайных механических воздействий (царапины), либо из-за попадания в рабочую жидкость агрессивных соединений, разъедающих шлифованную поверхность и образующих на ней дефекты.

Когда механические повреждения зеркала цилиндра в виде задиров, забоин, царапин охватывают большую часть рабочей поверхности, происходит утечка рабочей жидкости в результате разгерметизации уплотнений, и в конечном итоге это приводит к выходу из строя оборудования.

Для восстановления гидроцилиндров разработаны и успешно применяются ремонтные антифрикционные композиционные материалы, характеристики некоторых марок отечественного и зарубежного производства представлены в табл. 2.2.

Таблица 2.2

Ремонтные антифрикционные композиционные материалы

Показатели	Величина показателей				
	УП-5-250	УП-5-251	УП-4-280	Diamant Moglice	Металл-слайд
Внешний вид	Жидкий	Пастообразные			Жидкий
Жизнеспособность в массе 200 г при $t = (20 \pm 2)^\circ\text{C}$	65	80	60	60	15
Плотность, 10^3 кг/м^3 :					
– смоляной части;	1,21	3,18	2,80	1,85	1,45
– отвердителя	0,99	0,99	0,99	1,10	0,98
Срок хранения, мес.	12	12	12	18	36
Время затвердения при $t = (20 \pm 2)^\circ\text{C}$, ч	24	24	24	24	7
Отвержденные компаунды по режиму $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ – 7 суток					
Температурный коэффициент линейного расширения, K^{-1}	$66 \cdot 10^{-6}$	$31 \cdot 10^{-6}$	$42 \cdot 10^{-6}$	$40 \cdot 10^{-6}$	$40 \cdot 10^{-6}$
Линейная усадка при толщине покрытия 2 мм, мкм	30	15	16	21	15
Водопоглощение в сутки, $t = (20 \pm 2)^\circ\text{C}$, %	0,20–0,25	0,02–0,07	0,07	0,07	0,07
Поглощение масла в сутки, $t = (20 \pm 2)^\circ\text{C}$, %	0,10–0,15	0,04	0,05	0,06	0,05
Напряжение при сжатии, МПа	85–90	92–100	130	95	142
Ударная вязкость, кДж/м^2	4,0–5,0	3,0–3,2	4,0	3,2–3,5	3,4
Модуль упругости при сжатии, МПа, 10^3	2,5–3,0	4,0–4,5	3,5	4,0	5,0
Твердость, НВ	130–150	150–165	150	145–160	155
Прочность клеевого соединения Ст3/Ст3, МПа:					
– при сдвиге;	18–23	12–15	18	13–14	24
– при отрыве	30–35	30–35	35	19–25	30
Термостойкость, $^\circ\text{C}$:					
– кратковременно	–40...+120	–40...+120	–40...+120	–45...+125	–45...+130
– длительно	–20...+80	–20...+80	–20...+80	–20...+60	–20...+85

Указанные в табл. 2.2 антифрикционные эпоксидные компаунды (АЭК) представляют собой двухкомпонентные полимерные материалы на эпоксидно-смолистой основе для восстановления и ремонта пар скольжения (направляющих станков, подшипников скольжения, гидроцилиндров и др., рис. 2.9). К преимуществам АЭК относятся исключительные антифрикционные свойства, самосмазывание, виброгашение, износостойкость, пригодность для получения точных сопрягаемых поверхностей, высокая жесткость, хорошая адгезия при нанесении на металл. За рубежом они широко применяются при производстве новых станков для покрытия направляющих, а также для их ремонта и устранения локальных повреждений на любых поверхностях различных систем скольжения.

Эти материалы характеризуются химической стойкостью к воде, маслам, щелочным растворам, эмульсиям, керосину, бензину и некоторым агрессивным средам.

Технология восстановления внутренней поверхности гильзы гидроцилиндра требует изготовления специальной оснастки (рис. 2.9).

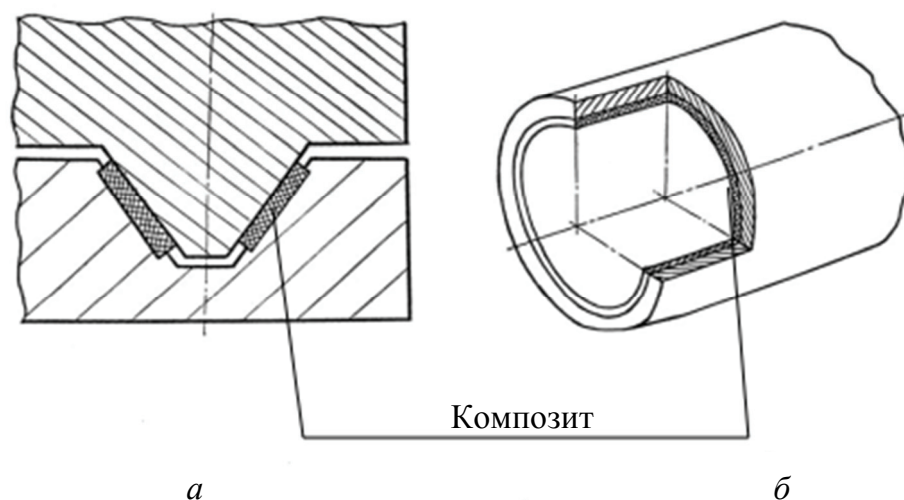


Рис. 2.9. Схемы применения АЭК для восстановления направляющих скольжения станков (а) и гидроцилиндров (б)

Основным элементом оснастки является шаблон вала, наружная поверхность которого должна быть отшлифована и иметь требуемый размер, соответствующий размеру внутренней полости цилиндра.

Одной из основных операций является подготовка технологической оснастки к покрытию. Она заключается в нанесении

антиадгезионного (разделительного) состава на формообразующую поверхность шаблона вала и на все сопрягающиеся поверхности оснастки и гильзы, куда возможно проникновение АЭК. Поверхность гильзы, подлежащая полимерному покрытию, должна быть тщательно очищена от загрязнения и обезжирена (ацетоном, бензином и пр.). Оснастка и гильза собираются в заданной последовательности для проведения операции запрессовки (залливки) компаунда. Смоляная часть смешивается с отвердителем непосредственно перед операцией нанесения. Время жизнеспособности полученной смеси – 40 мин.

Процесс нанесения осуществляется в соответствии с выбранной схемой восстановления. В настоящее время используются три схемы нанесения антифрикционного композита на поверхности восстанавливаемых гидроцилиндров. Первая схема обеспечивается путем формирования рабочей поверхности нагнетанием полимерного материала снизу вверх в зазор между внутренней расточенной полостью цилиндра и заранее установленным шаблоном (рис. 2.10). Предварительно производится расточка внутренней полости гильзы на 3–4 мм на диаметр с последующим формированием с помощью металлополимерного материала рабочей поверхности в номинальный размер.

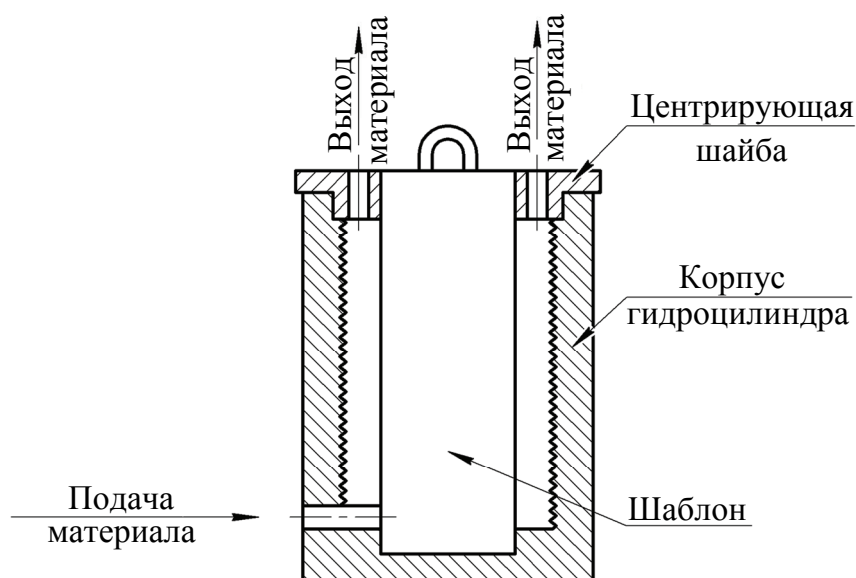


Рис. 2.10. Восстановление гидроцилиндра с «глухим» дном

Второй вариант восстановления цилиндра по конструкции аналогичного предыдущему предполагает, что композит заливает-

ся во внутреннюю полость гидроцилиндра до установки шаблона, а затем шаблон специальным устройством с контролем вертикального положения по индикатору опускается в цилиндр до упора в днище. При окончании этой операции полимерный материал вытесняется шаблоном вверх до выхода в контрольных отверстия центрирующей втулки, которая устанавливается на шаблон после его опускания. Если гидроцилиндр не имеет днища, как это было в первом случае, то шаблон необходимо устанавливать в двух центрирующих шайбах с одной и с другой стороны цилиндра.

Для реализации такой схемы восстановления необходимо цилиндр установить вертикально по продольной оси и выполнять нагнетание, ранее описанным способом через отверстие в нижней шайбе с контролем выхода материала в отверстиях верхней шайбы. Предпочтительным является изготовление еще одной шайбы, которая крепится к нижней центрирующей шайбе. Между ними устанавливается кольцевая прокладка, которая позволяет образовывать камеру для накопления и равномерной подачи полимерного материала по специальным отверстиям в нижней центрирующей втулке, как показано на рис. 2.11.

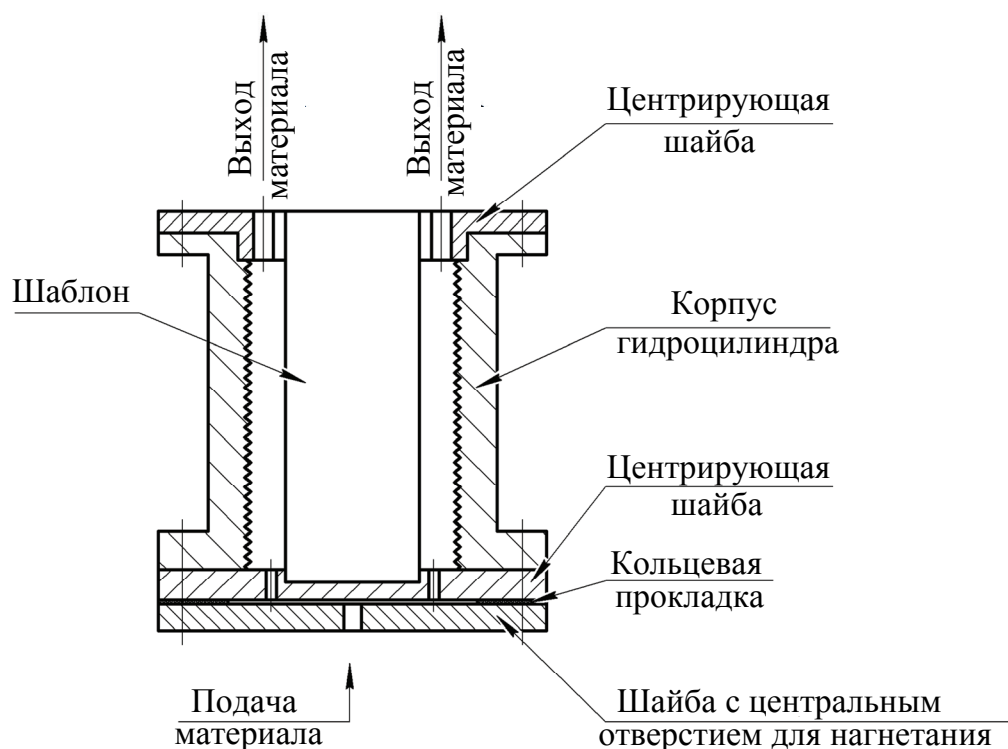


Рис. 2.11. Восстановление внутренней поверхности гильзы гидроцилиндра вытеснением композита

Третий вариант исключает дорогостоящую операцию по изготовлению шаблона и центрирующих шайб как дополнительной оснастки. Полимерный материал с избытком наносится на расточенную поверхность гидроцилиндра, который устанавливается на станок. Вращая гидроцилиндр в шпинделе станка на малой скорости, добиваются полимеризации материала. После этого выполняют расточку с последующей шлифовкой до номинального размера. Сложность заключается именно в шлифовке цилиндра, дешевле применить гильзование с последующей обработкой внутренней поверхности гильзы.

Локальные повреждения зеркала гидроцилиндра в виде язв, раковин и одиночных царапин восстанавливаются по той же технологии, что и дефекты литья, с той лишь разницей, что такие работы выполняются полимерным материалом с антифрикционными свойствами с использованием шаблона, обработанного разделителем. На рис. 2.12 представлен гидроцилиндр с восстановленной внутренней поверхностью с использованием композита «Металл-Слайд».

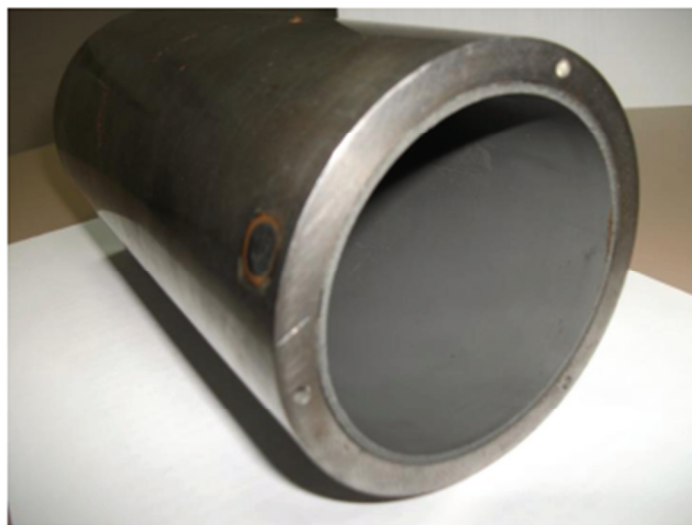


Рис. 2.12. Гидроцилиндр с восстановленной внутренней поверхностью

Антифрикционные эпоксидные компаунды (АЭК) – это возможность рационального изготовления и восстановления деталей с износостойкой, точной поверхностью трения простой и сложной формы с минимальными затратами труда.

Предлагаемая технология восстановления предназначена для формования внутренних поверхностей цилиндров (в том числе

длинномерных), получения высокоточных плоских поверхностей, компенсации погрешностей формы и размеров сопрягаемых поверхностей. Нанесение АЭК на одну из поверхностей пары трения в 10–15 раз увеличивает износостойкость уплотнений гидроцилиндров; чистота внутренней поверхности цилиндра повышается на 1–2 класса по сравнению с чистотой мастер-вала при полном исключении доводочных операций (расточки и шлифования).

2.5. Смазочные материалы: классификация, применение, свойства

Смазочными материалами называются вещества, вводимые между трущимися поверхностями различных узлов машин и механизмов для уменьшения силы трения и снижения их износа.

Влияние смазочных материалов на долговечность и надежность деталей машин определяется их способностью защищать от износа, обеспечивать необходимые характеристики трения и снижать энергетические потери на трение.

Смазочные материалы классифицируют следующим образом.

1. По происхождению:

- органические (животные, нефтяные, растительные, искусственные);
- неорганические (природные – графит, тальк, слюда);
- элементоорганические (синтетические – сульфиды молибдена и вольфрама).

2. По назначению:

- моторные (в ДВС);
- трансмиссионные (для смазывания элементов трансмиссии);
- промышленные (масло общего назначения, применяется для смазки станков, промышленного оборудования, а также в качестве рабочей жидкости в системах объемного гидропривода);
- вакуумные и др.

Различия в работе трансмиссионных и моторных масел состоят в следующем: трансмиссионные масла не соприкасаются с горячими поверхностями камеры сгорания; не имеют контакта с продуктами сгорания; подвергаются более высоким контактным напряжениям с большой скоростью сдвига в сопряженных поверхностях.

3. По способу получения:

- дистиллятные;
- остаточные;
- компаундированные.

4. По физическому состоянию:

- жидкие;
- твердые;
- газообразные;
- пластичные (солидол).

5. В зависимости от выполняемых функций:

- антифрикционные (снижают трение и износ);
- уплотнительные;
- консервационные (защитные), предохраняют от коррозии.

Смазочные масла по принципу выполняемых работ классифицируются следующим образом.

1. Конструкционные (смазочные масла, которые рассматриваются как неотъемлемый элемент конструкции машины).

Выбор масла производится конструктором, проектирующим машину одновременно с выбором материала и других параметров трущихся деталей.

Конструкционное смазочное масло входит в спецификацию деталей и материалов на изделие.

2. Технологические (применяются при обработке металлов давлением или резаньем с целью смазки и охлаждения инструмента и обрабатываемого материала).

Масла для обработки резаньем помимо смазочных функций должны обеспечивать интенсивный отвод тепла от режущих кромок инструмента.

Технологическое масло выбирается технологом и рассматривается как неотъемлемый элемент принятого технологического процесса. Следует также учитывать тот факт, что нанесение чрезмерного количества смазки на уплотнители может разрушить их (в результате загрязняющие вещества могут попасть в механизм), а в подшипнике электродвигателей масло может проникнуть в намотку и привести к сгоранию двигателя. Подшипники от излишней смазки перегреваются (так как увеличивается сопротивление жидкости) и выходят из строя, кроме того, нагрев сокращает срок использования масла и т. д.

В качестве смазочных материалов наибольшее применение нашли жидкие и пластичные смазочные материалы.

Жидкие смазочные материалы (смазочные масла)

Смазочные масла в большинстве своем представляют собой очищенные нефтяные масла со специальными присадками, позволяющими увеличить срок службы масел в 2–4 раза. Масла без присадок применяют для смазывания легконагруженных, высокоскоростных узлов в машинах и механизмах промышленного оборудования. Эксплуатационные свойства таких масел обеспечиваются их естественной нефтяной основой.

Основными характеристиками, общими для всех жидких смазочных материалов, являются:

- 1) вязкость;
- 2) температура застывания;
- 3) температура вспышки;
- 4) кислотное число.

Вязкость – одна из наиболее важных характеристик смазочного материала, во многом определяющая силу трения между перемещающимися поверхностями, на которые нанесен смазочный материал.

Поскольку вязкость обратно пропорциональна температуре (в диапазоне температур от -30 до $+150^{\circ}\text{C}$ изменяется в тысячи раз), для стабилизации вязкостно-температурных свойств масел в их состав добавляют специальные вязкостные присадки, относительно мало повышающие вязкость базового масла при низкой температуре, но значительно увеличивающие вязкость при повышении температуры. Значение вязкости смазочного материала всегда указывается при конкретном значении температуры, как правило, при 40°C .

Температура застывания (точка утечки) – самая низкая температура, при которой масло растекается под действием силы тяжести. Понятие температуры застывания используется для определения прокачиваемости масла по трубопроводам и возможности смазки узлов трения, работающих при пониженной температуре. Под температурой застывания масла подразумевается температура, при которой масло, помещенное в пробирку и наклоненное под углом 45° , не изменяет своего уровня в течение одной минуты. Температура застывания должна быть на $5-7^{\circ}\text{C}$ ниже той температуры, при которой масло должно прокачиваться.

Температура вспышки – самая низкая температура, при которой масло воспламеняется при воздействии на него пламени. Температуру вспышки паров масла необходимо знать при подаче масла к узлам трения, работающим при повышенной температуре. Температуру вспышки определяют в открытом или закрытом тигле. Обычно в справочниках указывается температура вспышки паров масла в открытом тигле.

Кислотное число – мера содержания в масле свободных органических кислот. Кислотное число определяется количеством миллиграмм гидроксида калия (KOH), необходимым для нейтрализации всех кислых компонентов, содержащихся в 1 г масла. При старении масла кислотное число повышается. Во многих случаях это число является основным показателем для смены масла в циркуляционных смазочных системах.

При выборе жидких смазочных материалов для конкретных условий работы руководствуются следующими характеристиками:

– *индекс вязкости* – оценка изменения вязкости смазочного материала в зависимости от изменения температуры;

– *окисляемость* – оценка способности масла вступать в реакцию с кислородом. Стойкость к окислению – показатель стабильности того или иного масла;

– *экстремальное давление* (EP) – мера качества прочности масляной пленки, используется для характеристики смазочных материалов тяжело нагруженных поверхностей трения;

– *заедание* (Stick-slip) – оценка способности смазочного материала предотвращать скачки или неустойчивое движение силового стола или каретки станка даже при крайне низких скоростях.

Срок службы смазочного масла зависит от скорости накопления в нем вредных примесей и его старения. Сущность старения заключается в том, что в процессе эксплуатации происходит окисление масла кислородом воздуха с образованием растворимых кислот и шлама. Масло подлежит замене, если обнаружено повышение его кинематической вязкости более чем на 30%; происходит возрастание значения кислотного числа до 3 мг KOH на 1 г масла; содержание воды более 0,2%; содержание механических примесей неабразивного характера (шлам, примесь пластичных смазок) более 0,1%.

Распространенными причинами выхода из строя оборудования являются или применение неподходящего смазочного матери-

ала или же если в смазке высока концентрация загрязнителей (особенно грязи и металлических частиц, вызывающих досрочный износ и поломки механизмов).

Из всего многообразия моторных, трансмиссионных и других масел специального назначения масла, предназначенные для смазывания промышленного оборудования, выделяют в самостоятельную группу согласно ГОСТ 17479.4–87: «Индустриальные масла» и обозначают буквой «И».

Пластичные (консистентные) смазочные материалы

Представляют собой нефтяные или синтетические масла с добавлением многофункциональных присадок и загустителя, в качестве которого используются мыла высших сортов жирных кислот, твердые углеводороды (церазины, парафины), силикагель и сажа, относящиеся к термостойким загустителям и др.

Пластичные смазочные материалы применяют в следующих случаях:

1) для тяжело нагруженных подшипников скольжения, работающих при небольших скоростях в условиях граничного трения с частыми реверсами или в повторно-кратковременном режиме;

2) когда смазочный материал кроме основного назначения используется как уплотняющий для предохранения поверхности от попадания загрязнителей из окружающей среды;

3) для создания защитной масляной пленки на поверхности трения при длительных остановках;

4) в узлах трения, доступ к которым затруднен или которые могут работать длительное время без пополнения смазки;

5) при необходимости одновременного использования смазочного материала для консервации и смазки механизма.

Основные характеристики пластичных смазок:

- вязкость;
- предел прочности на сдвиг;
- температура каплепадения;
- число пенетрации.

Вязкость пластичных смазочных материалов, в отличие от смазочных масел, зависит не только от температуры, но и от скорости деформации. Значение вязкости пластичного смазочного материала, определенное при заданной скорости деформации и температуре, является постоянным и называется эффективной вязкостью.

Предел прочности на сдвиг – минимальное напряжение сдвига, которое вызывает переход смазки к ее вязкому течению. Предел прочности на сдвиг характеризует способность смазки удерживаться на движущихся деталях, вытекать и выдавливаться из негерметизированных узлов трения.

Температура каплепадения – температура, при которой смазка утрачивает свою густую консистенцию и переходит в состояние жидкой смазки (температура, при которой падает первая капля). Обычно пластичную смазку применяют при температурах на 15–20°С ниже температуры каплепадения.

Число пенетрации определяет степень загустения пластичного смазочного материала, которая по ГОСТ 5346–78 определяется глубиной погружения в смазочный материал стандартного конуса пенетromетра за 5 с при температуре 25°С и общей нагрузке 150 г и выражается в десятых долях миллиметра.

Для импортных пластичных смазочных материалов в зависимости от диапазона пенетрации устанавливается понятие степени загустения (консистенции) по классификации NLGI (National Lubrication Grease Institute – США) от 000 (жидкая консистентная смазка) и до степени 6 (чрезвычайно густая). В большинстве случаев для промышленного применения используется пластичная смазка степени загустения от 000 до 2.

Правильное использование смазочных материалов, наиболее подходящих для данных механизмов и данного режима эксплуатации, эффективное техническое обслуживание, очистка или фильтрация смазки дают возможность значительно сократить расход масел. Соблюдение правил проведения смазочных работ является одним из залогов безотказной работы оборудования.

2.6. Разработка технологического процесса ремонта узла станка с указанием последовательности разборки и сборки сопряжений

В данном разделе необходимо разработать технологическую маршрутную карту для восстанавливаемого узла.

Рассмотрим порядок разработки технологической маршрутной карты процесса ремонта узла – пильного вала с изношенной шейкой под подшипник форматного станка Altendorf F45 (табл. 2.3).

Технологический маршрут восстановления изношенной детали

Номер операции	Наименование и содержание операции	Оборудование и приспособления	Инструмент
005	Промывочная. Вал очистить от грязи, масла, ржавчины до металлического блеска	Ванна для промывки в горячей воде МН-2-58 УП-5-3	Ванна для промывки в горячей воде МН-2-58 УП-5-3
010	Шлифовальная. Шлифовать шейки вала под подшипники до удаления следов износа и восстановления цилиндрической формы, $\varnothing 20 \pm 0,05$	Станок круглошлифовальный 3А151, центра (ГОСТ 13212–79)	ПП 250Ч60 24А 25Н С1 5 К5 35 м/с 1 кл. А (ГОСТ 2424–83), скоба (ГОСТ 18355–73)
015	Промывочная. Промыть вал в щелочном растворе ($T = 60\text{--}80^\circ\text{C}$) в течение 30–60 мин	Ванна для промывки в горячей воде МН-2-58 УП-5-3	Щелочной раствор состава: 100–150 г/л едкого натра, 30–50 г/л кальцинированной соды и 5–10 г/л жидкого стекла или мыла
020	Монтажная. Смонтировать вал на подвеске для хромирования, экранировать торцы шеек	Подвеска для хромирования вала	–
025	Обезжиривание. Провести электролитическое обезжиривание вала	Ванна для электролитического обезжиривания МН-2-58 УП-2-3	Электролит состава: 30–50 г/л едкого натра, 50–70 г/л кальцинированной соды, 2–5 г/л жидкого стекла
030	Промывочная. Промыть вал в горячей воде ($T = 80^\circ\text{C}$), а затем в холодной	Ванна для промывки в горячей воде МН-2-58 УП-5-3, ванна для промывки в холодной воде МН-2-58 УП-1-3	Горячая проточная вода ($T = 80^\circ\text{C}$), холодная проточная вода
035	Анодное декапирование. Декапировать вал при температуре $50\text{--}60^\circ\text{C}$ в течение 0,5–1 мин при плотности тока $8\text{--}10 \text{ А/дм}^2$	Ванна для электролитического декапирования МН-2-58 IV-6-3	Электролит следующего состава: 100 г/л хромового ангидрида, 1–1,5 г/л серной кислоты

Номер операции	Наименование и содержание операции	Оборудование и приспособления	Инструмент
040	Хромирование. Хромировать шейки вала под подшипники, исходя из скорости хромирования 0,5–0,7 мкм/мин, $\varnothing 20^{+0,002}$	Ванна для хромирования МН-2-58 Х-2-7	Электролит следующего состава: 150–200 г/л хромового ангидрида и 1,5–2 г/л серной кислоты
045	Промывочная. Промыть вал в дистиллированной, а затем в проточной воде	Ванна для дистиллированной воды МН-2-58 1-1-3, ванна для промывки в холодной воде МН-2-5 VIII-1-3	Дистиллированная вода, проточная холодная вода
050	Контроль ОТК. Внешним осмотром вала убедиться в качестве покрытия, отсутствии трещин, волосовин и т. д.	–	–
055	Демонтаж. Снять вал с подвески, удалить изоляцию	–	–
060	Обезводороживание. Прогреть вал в сушильном шкафу при температуре 180°C в течение 2–3 ч	Сушильный шкаф ГАП-К644 372/18	–
065	Шлифовальная. Шлифовать шейки вала, $\varnothing 20^{+0,008}$	Станок круглошлифовальный 3А151, центра (ГОСТ 13212–79)	ПП 250Ч60 24А 25Н С1 5 К5 35 м/с 1 кл. А (ГОСТ 2424–83), скоба (ГОСТ 18355–73)
070	Контроль ОТК	Стол контролера, подставка	Калибровальные кольца, скоба индикаторная СИ 0-65 (ГОСТ 11098–75)

2.7. Инструкция по технике безопасности при выполнении ремонтных работ

1. Перед началом работы необходимо:

1) привести в порядок рабочую одежду: застегнуть обшлаги рукавов, заправить одежду так, чтобы не было свисающих концов,

убрать волосы под плотно прилегающий головной убор. Работать в легкой обуви (тапочках, сандалиях, босоножках) запрещается;

2) внимательно осмотреть рабочее место, привести его в надлежащий порядок, убрать все мешающие работе посторонние предметы;

3) убедиться в том, что рабочее место достаточно освещено и свет не слепит глаза;

4) при использовании переносной электролампы проверить, есть ли на лампе защитная сетка, исправны ли шнур и изоляционная трубка. Напряжение переносных электроламп допускается не выше 12 В;

5) не допускать к своему рабочему месту посторонних лиц;

6) проверить наличие и исправность ручного инструмента, приспособлений и средств индивидуальной защиты, а именно:

– гаечные ключи должны соответствовать размерам гаек и головок болтов и не иметь трещин и забоек; губки ключей должны быть строго параллельны и не закатаны; раздвижные ключи не должны быть ослаблены в подвижных частях; класть подкладки между губками ключей и головкой болта, а также удлинять рукоятки ключей с помощью труб и болтов или других предметов запрещается;

– слесарные молотки и кувалды должны иметь слегка выпуклую, не косую и не сбитуую, без трещин, поверхность бойка; должны быть надежно укреплены на рукоятках путем расклинивания завершенными клиньями; не должны иметь наклепа;

– рукоятки молотков и кувалд должны иметь гладкую поверхность и быть сделаны из древесины твердых и вязких пород (кизил, бук, молодой дуб и т. п.);

– ударные инструменты (зубила, бородки, просечки, кернеры и др.) не должны иметь трещин, заусенцев и наклепа;

– зубила должны иметь длину не менее 150 мм.

2. Во время работы:

1) слив масла и других жидкостей из агрегатов станка производить только в специальную тару;

2) случайно пролитое на пол масло или оброненный солидол немедленно засыпать опилками или сухим песком и собрать в специально отведенное место;

3) при работе пользоваться только исправным инструментом и приспособлениями. Слесарный инструмент содержать в сухом и чистом состоянии;

4) использованный обтирочный материал собирать в специально установленные металлические ящики с крышками;

5) для подъема, снятия, установки и транспортирования тяжелых (массой более 16 кг) агрегатов, узлов и деталей автомобиля использовать исправные подъемно-транспортные механизмы с вспомогательными приспособлениями;

6) при работе с электротельфером, кран-балкой соблюдать инструкцию по технике безопасности для лиц, пользующихся грузоподъемными машинами, управляемыми с пола;

7) при работе с переносной электродрелью, гайковертом, шлифовальной машиной соблюдать инструкцию по технике безопасности для работающих с электроинструментом;

8) работая со шлифовальной или сверлильной машинками, а также гайковертом, строго соблюдать инструкцию по безопасной работе с ручным пневматическим инструментом;

9) при снятии отдельных агрегатов и деталей, требующих физических усилий, а также при неудобствах в работе, связанных со съемом агрегатов и деталей, применять приспособления (съемники), обеспечивающие безопасность работы;

10) работая молотком или кувалдой, принять все меры, чтобы не травмировать себя и людей, находящихся рядом;

11) работая у верстака, следить за тем, чтобы поверхность его была гладкой, обитой листовой сталью, не имела заусенец;

12) при рубке, чеканке и других подобных работах необходимо надевать защитные очки. Для защиты окружающих людей от отлетающих частиц металла на верстаке должны быть поставлены предохранительные сетки или щиты высотой не менее 1 м;

13) пыль и стружку с верстака, оборудования сметать щеткой или сметкой. Сдувать пыль и стружку сжатым воздухом или убирать стружку голой рукой запрещается;

14) при работе на сверлильном станке соблюдать требования, изложенные в инструкции по безопасной обработке металлов на сверлильных станках;

15) работая на наждачном точиле, во избежание ранения глаз пользоваться защитным экраном или надевать защитные очки. Следить, чтобы зазор между абразивным кругом и подручником был не более 3 мм, а подручник надежно закреплен. Заточиваемую деталь или инструмент плотно прижать к подручнику и плавно подводить к абразивному кругу;

16) не производить ремонта или исправления отдельных частей станка, находящихся в движении;

17) выполняя работу совместно с несколькими лицами, согласовывать действия с товарищами по работе;

18) при обкатке станка на холостом ходу не производить никаких исправлений и не касаться вращающихся частей;

19) не хранить на рабочем месте легковоспламеняющуюся жидкость и обтирочный промасленный материал;

20) в случае возникновения пожара немедленно сообщить в пожарную охрану и приступить к тушению огня местными средствами.

3. По окончании работы:

1) привести в порядок рабочее место, сложить инструменты и приспособления в инструментальный ящик;

2) сообщить бригадиру или мастеру о выполненной работе, имеющихся неполадках в работе и о принятых мерах по их устранению;

3) вымыть руки и лицо теплой водой с мылом и принять душ;

4) спецодежду повесить в специально предназначенный для этой цели шкафчик.

4. В аварийной ситуации:

1) немедленно сообщить о происшедшем в здравпункт предприятия;

2) при освобождении пострадавшего от действия электрического тока следить за тем, чтобы самому не оказаться в контакте с токоведущей частью и под напряжением;

3) до прибытия врачей оказать пострадавшему первую медицинскую помощь. При отсутствии у пострадавшего пульса и дыхания необходимо сделать искусственное дыхание и непрямой (наружный) массаж сердца; обратить внимание на зрачки. Расширенные зрачки указывают на резкое ухудшение кровообращения мозга. При таком состоянии пострадавшего нужно начинать оказывать первую медицинскую помощь немедленно;

4) при возникновении пожара необходимо сообщить об этом по телефону экстренной службы 101;

5) сохранить место происшествия без изменения на момент травмирования, если это не создает угрозы для работающих и не приводит к аварии.

3. КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ

3.1. Монтажные приспособления и инструменты для проведения ремонтных работ

Соединения с натягом применяют для неразборных или редко разбираемых сопряжений. Сопротивление взаимному смещению деталей в этих соединениях создается и поддерживается силами упругой деформации сжатия (в обхватываемой детали) и растяжения (в обхватывающей детали), пропорциональными величине натяга в соединении. Для демонтажа таких соединений используют специальные механические съемники (рис. 3.1).

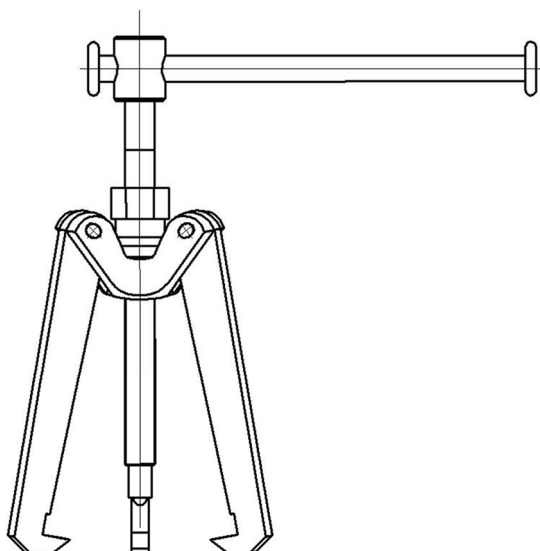


Рис. 3.1. Механический съемник

Демонтируемое сопряжение студенты выбирают самостоятельно для одного из деревообрабатывающих станков, указанных в задании, или по согласованию с руководителем курсового проекта.

3.2. Расчет ремонтируемого сопряжения в узле станка

Рассмотрим пример расчета давления посадки детали в сопряжении «вал – подшипник» на примере станка ЦМР-4.

Посадка будет иметь запись следующего вида: $75 \frac{L 0}{k 6}$.

Размерные параметры отверстия: $\varnothing 75L0 \begin{pmatrix} 0 \\ -0,010 \end{pmatrix}$.

Номинальный размер $D_n = 75$ мм.

Верхнее предельное отклонение $ES = 0$ мм.

Нижнее предельное отклонение $EI = -0,010$ мм.

Наибольший предельный размер определим по формуле

$$D_{\max} = D_n + ES,$$

$$D_{\max} = 75 + 0 = 75 \text{ мм.}$$

Наименьший предельный размер определим по формуле

$$D_{\min} = D_n + EI,$$

$$D_{\min} = 75 + (-0,010) = 74,99 \text{ мм.}$$

Размерные параметры вала: $\varnothing 75k6 \begin{pmatrix} 0,021 \\ -0,002 \end{pmatrix}$.

Номинальный размер $d_n = 75$ мм.

Верхнее предельное отклонение $es = +0,021$ мм.

Нижнее предельное отклонение $ei = -0,002$ мм.

Наибольший предельный размер определим по формуле

$$d_{\max} = d_n + es,$$

$$d_{\max} = 75 + 0,021 = 75,021 \text{ мм.}$$

Наименьший предельный размер определим по формуле

$$d_{\min} = d_n + ei,$$

$$d_{\min} = 75 + (-0,002) = 74,998 \text{ мм.}$$

Наибольший натяг определим по формуле

$$N_{\max} = D_{\max} - d_{\min},$$

$$N_{\max} = 75 - 74,998 = 0,002 \text{ мм.}$$

Рассчитаем для сопряжения «вал – подшипник» давление посадки по формуле

$$P_{\max} = \frac{N_{\max}}{d \left(\frac{C_1}{E_1} + \frac{C_2}{E_2} \right)},$$

где N_{\max} – максимальный натяг данного сопряжения ($N_{\max} = 60$ мкм); d – номинальный посадочный диаметр ($d = 40$ мм); C_1, C_2 – коэффициенты Лямэ; E_1, E_2 – модули продольной упругости вала и подшипника соответственно.

$$P_{\max} = \frac{0,002}{75 \cdot \left(\frac{0,7}{2,11 \cdot 10^5} + \frac{0,7}{2,14 \cdot 10^5} \right)} = 4,047 \text{ МПа.}$$

Таким образом рассчитывается давление посадки выбранного для сопряжения «вал – подшипник».

3.3. Расчет усилий при монтаже деталей ремонтируемого сопряжения

Необходимые усилия для запрессовки и распрессовывания:

$$F = f \cdot \pi \cdot d \cdot b_{\text{кол}} \cdot p_{\max},$$

где f – коэффициент трения (при запрессовке $f = 0,15$; при распрессовывании $f = 0,25$); $b_{\text{кол}}$ – ширина внутреннего кольца подшипника.

Таким образом, рассчитываем усилия:

$$F_{\text{запр}} = \frac{0,15 \cdot 3,14 \cdot 75 \cdot 25 \cdot 4,047}{1000} = 3,57 \text{ кН;}$$

$$F_{\text{распр}} = \frac{0,25 \cdot 3,14 \cdot 75 \cdot 25 \cdot 4,047}{1000} = 5,95 \text{ кН.}$$

Рассчитанные по представленным выше формулам усилия необходимы для правильного выбора монтажного приспособления.

3.4. Разработка конструкции приспособления для выполнения ремонтных работ узла оборудования

Рассмотрим образец выполнения данного раздела на примере ремонтируемого узла станка NewSaw R250 A1. Ремонту подлежит шток гидроцилиндра прижимного подающего вальца. Быстроизнашиваемой деталью в нем будут уплотнительные кольца и шток,

нежели зеркало цилиндра. Измерить износ штока по длине можно либо индикатором часового типа, либо микрометром, но на это затрачивается много времени. С этой целью есть необходимость в разработке приспособления, которое облегчило и ускорило бы время проверки.

Данное приспособление состоит из рамы (металлопрофиля, сваренного между собой), индикатора часового типа с электромагнитной стойкой и передачи ШВП.

Это приспособление позволяет ускорить и облегчить проверку ремонтируемого узла, повысить точность проверки, а также не требует высококвалифицированного персонала для выполнения работы. Данное измерительное приспособление представлено на рис. 3.2.

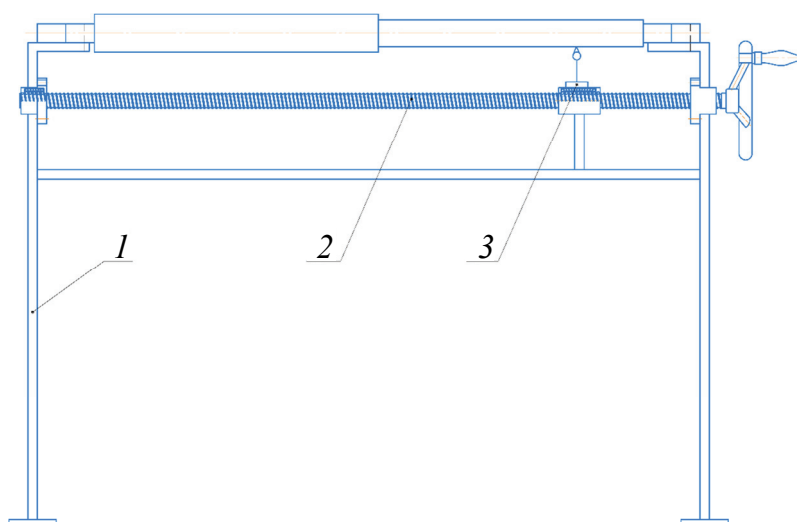


Рис. 3.2. Измерительное приспособление:
1 – деталь-компенсатор; 2 – ремонтируемая деталь;
3 – индикатор часового типа с электромагнитной стойкой

На примере узла резания 4-стороннего продольно-фрезерного станка Powermat 1200 рассмотрим разработку конструкции приспособления для фиксации шпинделя.

В приводе резания наибольшие нагрузки будет испытывать вертикальный шпиндель, так как он производит обработку заготовки шириной до 160 мм, снимает припуск до 20 мм и приводится в движение двигателем с мощностью 7,5 кВт.

Применение данного приспособления позволит сократить время ремонта, следовательно, сократит время простоя оборудования и повысит производительность. На рис. 3.3 изображены три вида проектируемого приспособления для фиксации шпинделя.

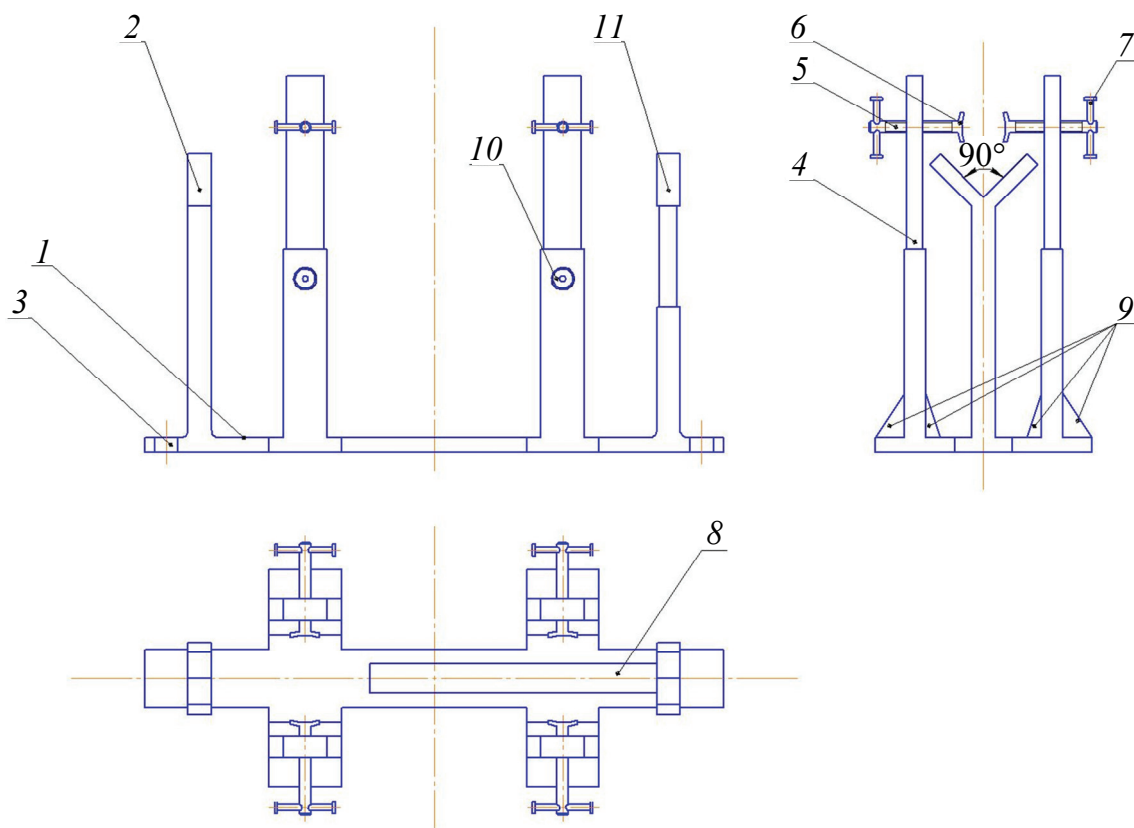


Рис. 3.3. Приспособление для фиксации шпинделя:

1 – рама; 2 – неподвижная опора шпинделя; 3 – отверстие под фундаментные болты; 4 – стойка; 5 – винт; 6 – губы тисков; 7 – рукоятка; 8 – направляющая; 9 – ребра жесткости; 10 – барашек; 11 – подвижная опора шпинделя

Рама 1 имеет отверстия под фундаментные болты 3 для надежной фиксации устройства. На раме расположены две опоры 2 и 11. На них ложится шпиндель для последующего разбора. Опора 2 неподвижная, а опора 11 имеет возможность регулирования по высоте для точного расположения шпинделя параллельно горизонтальной плоскости. Опора 11 также имеет возможность перемещения в горизонтальной плоскости по направляющей 8, для возможности размещения на приспособлении шпинделей разной длины от 600 до 165 мм. Для надежной фиксации шпинделя от проскальзывания, проворачивания и смещения используются губы тисков 6, которые сжимаются и разжимаются посредством перемещения винтов 5. Винты 5 приводятся в движение с помощью вращения рукояток 7 по часовой стрелке. Стойки 4 имеют возможность регулировки в вертикальной плоскости для фиксации шпинделей различных диаметров. Для фиксации стоек 4 на необходимой высоте применяются барашки 10. Также для придания конструкции необходимой жесткости предусмотрены ребра жесткости 9.

3.5. Силовой и прочностной расчет проектируемого монтажного приспособления

Рассмотрим вариант расчета измерительного устройства, представленного на рис. 3.2.

Определим массу штока

$$m_{\text{ш}} = \frac{\pi \cdot D^2 \cdot H}{4} \cdot \rho = \frac{3,14 \cdot 0,028^2 \cdot 0,28}{4} \cdot 7850 = 1,35 \text{ кг},$$

где D – диаметр штока; H – длина штока.

Определим массу кольца

$$m_{\text{к}} = \frac{\pi \cdot (D^2 - d^2)}{4} \cdot l \cdot \rho = \frac{3,14 \cdot (0,05^2 - 0,04^2)}{4} \cdot 0,3 \cdot 7850 = 1,66 \text{ кг},$$

где D – наружный диаметр кольца; d – внутренний диаметр кольца; l – длина кольца.

Составим уравнение реакции опор по расчетной схеме (рис. 3.4):

$$\sum M_A = 0;$$

$$-F_1 \cdot 150 - F_2 \cdot 440 + R_B \cdot 580 = 0;$$

$$R_B = \frac{F_1 \cdot 150 + F_2 \cdot 440}{580} = \frac{16,6 \cdot 150 + 13,5 \cdot 440}{580} = 14,5 \text{ Н}$$

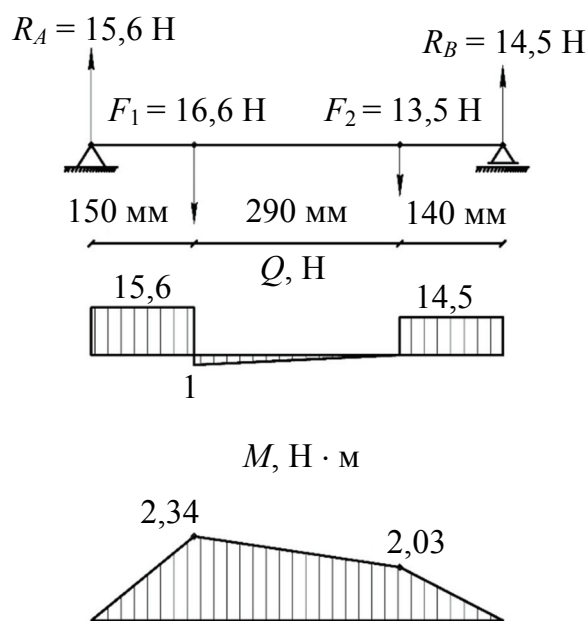


Рис. 3.4. Расчетная схема

$$\sum M_B = 0;$$

$$F_2 \cdot 140 + F_1 \cdot 430 - R_A \cdot 580 = 0;$$

$$R_A = \frac{F_2 \cdot 140 + F_1 \cdot 430}{580} = \frac{13,5 \cdot 140 + 16,6 \cdot 430}{580} = 15,6 \text{ Н.}$$

Рассчитаем возникающее напряжение и сравним с допустимым:

$$\sigma = \frac{M_{\text{изг}}}{W_{\text{кольца}}} + \frac{Q}{A};$$

$$W_{\text{кольца}} = \frac{\pi \cdot (D^4 - d^4)}{32} = \frac{3,14 \cdot (0,05^4 - 0,04^4)}{32} = 0,39 \cdot 10^{-6} \text{ м}^4;$$

$$\sigma = \frac{2,37}{0,39 \cdot 10^{-6}} + \frac{15,8}{2,8 \cdot 10^{-3}} = 6,08 \cdot 10^6 + 5,64 \cdot 10^3 \approx 6,09 \text{ МПа};$$

$$[\sigma] = 160 \text{ МПа};$$

$$\sigma < [\sigma], \quad 6,09 < 160 \text{ МПа} \Rightarrow \text{условие выполняется.}$$

Рассмотрим вариант расчета механического съемника (рис. 3.1).

Расчет будем вести по усилию распрессовки. Нагружены боковые стойки, поэтому расчет на прочность следует проводить для этого сечения:

$$\sigma = \frac{M_{\text{из}}}{W_z} + \frac{N_p}{A} \leq [\sigma],$$

где W_z – момент сопротивления сечения стойки; A – площадь поперечного сечения стойки; $[\sigma]$ – допустимое напряжение.

$$W_z = \frac{b \cdot h^2}{6},$$

где b – толщина стойки (20 мм); h – ширина стойки (32 мм).

$$W_z = \frac{32 \cdot 10^2}{6} = 533,3 \text{ мм}^3;$$

$$A = h \cdot b;$$

$$A = 32 \cdot 20 = 640 \text{ мм}^2.$$

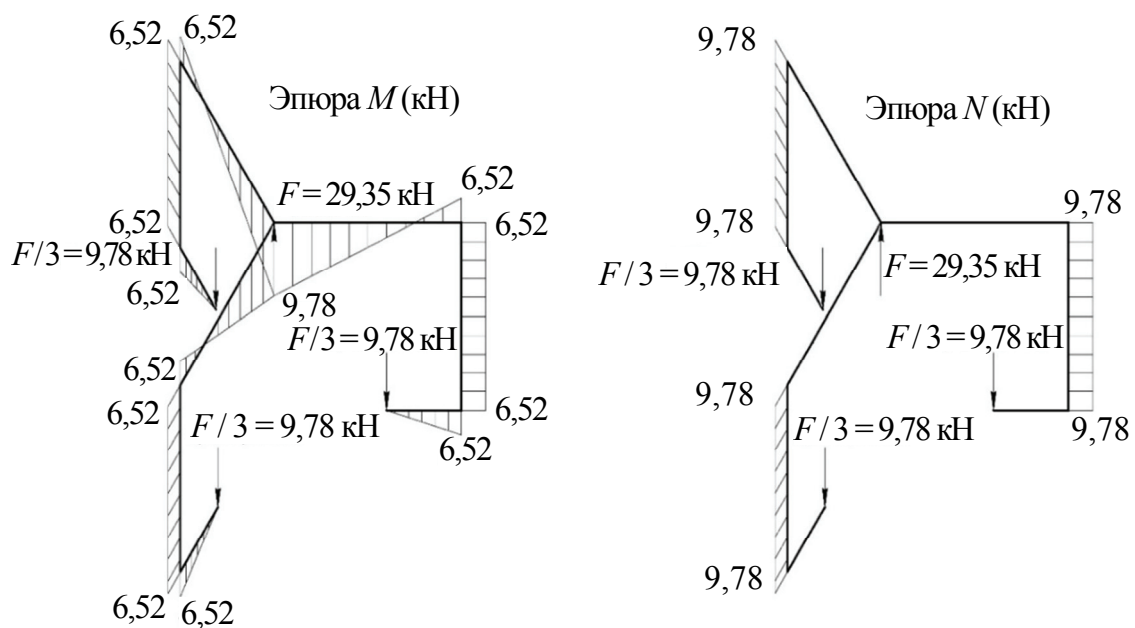


Рис. 3.5. Эпюры изгибающих моментов и растягивающих сил

Соответственно

$$\sigma = \frac{9,78}{533,3} + \frac{29,35}{0,64} = 45,88 \text{ МПа};$$

$$[\sigma] = 200 \text{ МПа};$$

$\sigma < [\sigma]$, $45,88 < 200 \text{ МПа} \Rightarrow$ условие прочности выполняется.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Таблица 1

Категории ремонтной сложности оборудования

Модель	Масса, т	Категории ремонтной сложности		Модель	Масса, т	Категории ремонтной сложности	
		$R_{\text{мех}}$	$R_{\text{эл}}$			$R_{\text{мех}}$	$R_{\text{эл}}$
ОК-35М	1,87	5,7	9,4	Ц2Д-7	2,8	8,3	9,7
ОК-63	9,46	7,3	10,0	ЦПА-40	0,6	4,6	4,5
РД50-3	15,6	14,5	17,5	ЦКБ-40	0,72	4,7	5,1
РД75-6	16,8	13,6	23,3	ЦМЭ-2М	4,5	2,3	2,9
2Р75-2	15,9	15,2	26,4	С2Р8-2	3,5	8,1	9,5
Р63-4	6,0	11,4	9,0	С2Ф4	0,9	4,5	4,2
РТ-2	3,5	6,3	6,8	С10-3	2,6	8,1	15,0
РК	6,6	8,3	9,4	СР3-6	0,76	3,6	4,7
РПМ	8,5	5,7	6,0	СР8	2,1	4,9	8,7
РГ-130	9,0	7,5	10,0	Unimat 23	3,2	11,3	21,9
ЛБ150	21,0	9,4	11,4	ФС-1	0,7	4,1	3,1
ЛБ240	25,0	12,4	34,4	ФСШ-11	0,86	4,5	3,3
ЛГ190-1	15,8	7,4	14,6	Altendorf F45	1,0	5,4	7,8
ЛД125-1	4,9	7,3	8,2	ФСА	8,5	4,2	4,3
ЦДТ5-2	1,75	7,2	5,7	ФШ-4	0,78	4,6	3,2
ША	5,54	6,6	11,0	ФСШ	0,86	4,5	3,3
ЦБ-1	1,0	4,1	5,5	ВФК-1	0,73	2,9	4,5
АЦ-2М	4,2	2,9	9,8	ШПА40	0,91	6,6	5,4
OptiCut 200	2,7	13,2	38,4	ШлСЛ	0,16	3,0	2,3
ДР-3	1,85	4,5	5,2	ШлПС	0,6	3,2	2,5
ДУ-2	4,6	5,2	14,0	Ш2ПА	3,0	8,2	12,0
МРН-100Д	33,0	25,3	31,0	П1Б	2,7	5,3	5,0
МРГ-35	12,0	11,1	12,4	П6Б	7,65	11,2	15,5
НBS400	0,14	1,9	3,4	СвП-2	0,4	4,0	2,8
ЛС80-5	0,96	3,2	3,3	СГВП	2,46	6,5	15,8
АЖС-5	0,44	2,9	3,5	СвСА-2	1,05	5,1	2,9
ЦА-2	1,03	2,2	5,6	Ayen AL100	0,38	5,1	3,4

Окончание табл. 1

Модель	Масса, т	Категории ремонтной сложности		Модель	Масса, т	Категории ремонтной сложности	
		$R_{\text{мех}}$	$R_{\text{эл}}$			$R_{\text{мех}}$	$R_{\text{эл}}$
ЦМР-1	2,85	5,8	5,8	ДШ-3	6,11	7,5	7,5
ЦМР-2	4,08	6,3	12,4	МФК 306	1,6	44,6	61,3
ДЦА-3	0,95	5,6	4,5	МФК-1	31,7	46	55
ТС-63	1,67	3,5	4,3	МФП-1	36,0	28,5	20
ПК-3	1,95	5,3	4,2	ПР-6	215,0	49,5	21,5
ЛУ-9	4,13	8,7	8,0	ТчН6	1,2	4,4	5,5
ЛУ17-4	9,85	12,1	11,1	ТчПА-3	0,5	4,5	4,1
НГ-30	6,24	6,9	4,2	ТчП	0,46	4,8	3,5
НФ-18	0,16	4,5	–	ПХФ	0,45	5,8	2,5
ПШ-2	2,25	6,0	2,5	АЛСП-18	0,185	2,7	1,5

Таблица 2

Структура ремонтного цикла

Масса оборудования	Ремонты			Осмотры
	капитальные	средние	текущие	
До 5 т	1	1	4	12
Свыше 5 т	1	2	6	18

Таблица 3

Нормативы трудоемкости ремонта и технического обслуживания

Виды работ	Нормативы трудоемкости на 1 ЕРС, чел.-ч			
	Капитальный ремонт	Средний ремонт	Текущий ремонт	Осмотр
Слесарные	23	16	4	0,75
Станочные	10	7	2	0,1
Прочие	2	0,5	0,1	–
<i>Всего</i>	35	23,5	6,1	0,85
Электрослесарные	10	5	1,2	0,25
Станочные	2,5	1	0,3	–
<i>Всего</i>	12,5	6	1,5	0,25

Годовой план-график ремонта оборудования

№ п/п	Модель	Последний ППР в предыдущем году		Виды мероприятий по месяцам на 2017 г.												Суммарное время простоя, ч											
		Вид	Дата	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь												
1	2P75	C ^d ₁	11.12.16		16.02 O ₇ 6,1 ч		28.04 O ₈ 6,1 ч				11.07 T _{p3} 24,3 ч					18.09 O ₉ 6,1 ч			27.11 O ₁₀ 6,1 ч					48,7			
2	OK66-M	O ₁	14.12.16			01.03 O ₂ 4 ч		23.05 T _{p1} 16 ч												25.10 O ₄ 4 ч					28		
3	ЛБ150	O ₃	21.12.16		28.02 O ₄ 3,8 ч			12.05 T _{p2} 15 ч			21.07 O ₅ 3,8 ч					28.09 O ₆ 3,8 ч								07.12 C _{p1} 32 ч		58,4	
4	НГ18	K ^d ₁	25.12.16			13.03 O ₁ 2,8 ч																		03.11 O ₃ 2,8 ч		19,4	
5	P63-4	O ₄	27.12.16			06.03 T _{p2} 12 ч		18.05 O ₅ 3 ч			27.07 O ₆ 3 ч					04.10 C _{p1} 25,5 ч									13.12 O ₇ 3 ч		46,5
6	ФБС 750	O ₇	15.12.16			29.03 O ₈ 3,4 ч					14.07 T _{p3} 13,6 ч													25.10 O ₉ 3,4 ч		59,5	

№ п/п	Модель	Последний ППР в предыдущем году		Виды мероприятий по месяцам на 2017 г.												Суммарное время простоя, ч					
		Вид	Дата	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь						
7	СР6-9	T ₁	13.12.16			27.03 O ₃ 1,7 ч						12.07 O ₄ 1,7 ч					23.10 T _{p2} 6,9 ч			10,3	
8	Ц6	O ₁	18.12.16			30.03 O ₂ 1,4 ч						17.07 T _{pl} 5,4 ч					26.10 O ₃ 1,4 ч			8,2	
9	ВФК-2	O ₅	10.12.16			23.03 O ₆ 1,2 ч						10.07 C _{pl} 17 ч					19.10 O ₇ 1,2 ч			19,4	
10	СВПГ2	T ₂	22.12.16				05.04 O ₅ 2 ч					21.07 O ₆ 2 ч							01.11 C _{pl} 17 ч		21
11	Ц3Ф	O ₃	17.12.16			30.03 O ₄ 3,2 ч						17.07 T _{pl} 12,8 ч					26.10 O ₅ 3,2 ч			19,2	
12	С26-2М	C ^d	14.12.16			28.03 O ₇ 1,6 ч						13.07 O ₈ 1,6 ч					24.10 T _{p3} 6,4 ч			9,6	

№ п/п	Модель	Последний ППР в предыдущем году		Виды мероприятий по месяцам на 2017 г.												Суммарное время простоя, ч				
		Вид	Дата	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь					
13	ШО16-8	T ₃	10.12.16			23.03 O ₉ 2,5 ч										19.10 T _{p4} 9,9 ч			14,9	
14	ЦА-2	O ₄	21.12.16				04.04 T _{p2} 3,5 ч										31.10 O ₆ 0,9 ч			5,3
15	ФС-4	O ₄	20.12.16				03.04 T _{p2} 6,6 ч										30.10 O ₆ 1,6 ч			9,8
16	ЦК12	T ₂	15.12.16			29.03 O ₅ 2,8 ч											25.10 C _{p1} 23,5 ч			29,1
17	СР3-6	C _p	19.12.16			31.03 O ₇ 1,4 ч											27.10 T _{p3} 5,8 ч			8,6
18	СФ4	T ₄	10.12.16			23.03 O ₁₁ 1,2 ч											19.10 K ₁ 26,6 ч			29

Окончание табл. 4

№ п/п	Модель	Последний ППР в предыдущем году		Виды мероприятий по месяцам на 2017 г.												Суммарное время проста, ч		
		Вид	Дата	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь			
19	3E642	O ₆	08.12.16					31.05 C _{p1} 23,5 ч								17.11 O ₇ 2,4 ч		25,9
20	B3 173	O ₃	04.12.16					25.05 O ₄ 1,8 ч								13.11 T _{p2} 7,2 ч		9

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Амалицкий, В. В. Теория и конструкции машин и оборудования отрасли (Машины и механизмы деревообрабатывающей промышленности): учебник: в 2 ч. / В. В. Амалицкий, В. Г. Бондарь, В. М. Кузнецов. – М.: ГОУ ВПО МГУЛ, 2008. – Ч. 1. – 348 с.
2. Теория и конструкции деревообрабатывающих машин: учебник / Н. В. Маковский [и др.]. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Лесная промышленность, 1990. – 608 с.
3. Кучеров, И. К. Станки и инструменты лесопильно-деревообрабатывающего производства: учебник / И. К. Кучеров, В. К. Пашков. – М.: Лесная промышленность, 1970. – 560 с.
4. Любченко, В. И. Станки и инструменты мебельного производства: учебник / В. И. Любченко, Г. Ф. Дружков. – М.: Лесная промышленность, 1990. – 360 с.
5. Гришкевич, А. А. Механическая обработка древесины и древесных материалов, управление процессами резания: учеб.-метод. пособие / А. А. Гришкевич. – Минск: БГТУ, 2012. – 109 с.
6. Грубе, А. Э. Основы теории и расчета деревообрабатывающих станков, машин и автоматических линий / А. Э. Грубе, В. И. Санев. – М.: Лесная промышленность, 1973. – 289 с.
7. Глебов, И. Т. Проектирование деревообрабатывающего оборудования: учеб. пособие / И. Т. Глебов. – Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2004. – 232 с.
8. Газотермические покрытия из порошковых материалов: справочник // Ю. С. Борисов [и др.]. – Киев: Наукова думка, 1987. – 544 с.
9. Борисов, Ю. С. Организация ремонта и технического обслуживания оборудования / Ю. С. Борисов. – М.: Машиностроение, 1978. – 360 с.
10. Санкович, А. Б. Гидравлика, гидромашины и гидропривод / Е. С. Санкович, А. Б. Сухоцкий. – Минск: БГТУ, 2011. – 96 с.
11. Детали машин и основы конструирования: учеб. пособие по курсовому проектированию / А. Ф. Дулевич [и др.]. – Минск: БГТУ, 2005. – 160 с.
12. Бурносков, Н. В. Проектирование и производство деревообрабатывающего оборудования. Лабораторный практикум: учеб.-метод. пособие / Н. В. Бурносков, С. А. Гриневич. – Минск: БГТУ, 2008. – 126 с.

13. Амалицкий, В. В. Монтаж и эксплуатация деревообрабатывающего оборудования / В. В. Амалицкий, Г. А. Комаров. – М.: Лесная промышленность, 1982. – 257 с.

14. Многокомпонентные диффузионные покрытия / С. Л. Ляхович [и др.]. – М.: Наука и техника, 1974. – 288 с.

15. Седыкин, Ф. В. Размерная электрохимическая обработка деталей машин / Ф. В. Седыкин. – М.: Машиностроение, 1976. – 302 с.

16. Справочник механика лесопильно-деревообрабатывающих предприятий / Ю. П. Иванищев [и др.]. – М.: Лесная промышленность, 1989. – 352 с.

17. Ремонт деревообрабатывающего оборудования / В. М. Тарасов [и др.]. – М.: Лесная промышленность, 1986. – 240 с.

18. Система технического обслуживания и ремонта техники. Термины и определения: ГОСТ 18322–2016. – Введ. 01.09.2017. – М.: Стандартинформ, 2017. – 14 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	3
1. ОБЩАЯ ЧАСТЬ.....	4
1.1. Основные положения организации системы планово-предупредительного ремонта оборудования	4
1.2. Расчет объема ремонтных работ	16
1.3. Определение структуры и продолжительности ремонтных циклов, межремонтных и межосмотровых периодов ...	18
1.4. Составление годового план-графика ремонта оборудования.....	21
1.5. Расчет годового объема трудозатрат на техническое обслуживание и ремонт.....	22
2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ	26
2.1. Анализ звеньев и узлов ремонтируемого оборудования, расчет режимов их работы.....	26
2.2. Определение типов смазочных материалов для ремонтируемого оборудования и расчет их годовой потребности	29
2.3. Определение наиболее нагруженных узлов ремонтируемого оборудования с выявлением быстроизнашиваемых деталей	33
2.4. Технологии и методы, применяемые для восстановления выявленных быстроизнашиваемых деталей оборудования.....	42
2.5. Смазочные материалы: классификация, применение, свойства	63
2.6. Разработка технологического процесса ремонта узла станка с указанием последовательности разборки и сборки сопряжений.....	68
2.7. Инструкция по технике безопасности при выполнении ремонтных работ	70
3. КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ.....	74
3.1. Монтажные приспособления и инструменты для проведения ремонтных работ	74
3.2. Расчет ремонтируемого сопряжения в узле станка.....	74

3.3. Расчет усилий при монтаже деталей ремонтируемого сопряжения.....	76
3.4. Разработка конструкции приспособления для выполнения ремонтных работ узла оборудования.....	76
3.5. Силовой и прочностной расчет проектируемого монтажного приспособления	79
ПРИЛОЖЕНИЕ.....	82
РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА	88

Учебное издание

Раповец Вячеслав Валерьевич

ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ И РЕМОНТ ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩЕГО ОБОРУДОВАНИЯ

Учебно-методическое пособие

Редактор *Ю. Д. Нежикова*
Компьютерная верстка *Ю. Д. Нежикова*
Дизайн обложки *П. П. Падалец*
Корректор *Ю. Д. Нежикова*

Подписано в печать 27.01.2020. Формат 60×84¹/₁₆.
Бумага офсетная. Гарнитура Таймс. Печать ризографическая.
Усл. печ. л. 5,3. Уч.-изд. л. 5,5.
Тираж 50 экз. Заказ .

Издатель и полиграфическое исполнение:
УО «Белорусский государственный технологический университет».
Свидетельство о государственной регистрации издателя,
изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 1/227 от 20.03.2014.
Ул. Свердлова, 13а, 220006, г. Минск.