

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«КАЛИНИНГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

М. В. Хомякова

**МОНТАЖ И СЕРВИСНОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ МАЛЫХ
ПРЕДПРИЯТИЙ**

Учебно-методическое пособие по изучению дисциплины для студентов,
обучающихся в бакалавриате по направлению подготовки
15.03.02 Технологические машины и оборудование

Калининград
Издательство ФГБОУ ВО «КГТУ»
2022

УДК 621.81

Рецензент

доктор технических наук, доцент, профессор кафедры инжиниринга
технологического оборудования ФГБОУ ВО «КГТУ» О. В. Агеев

Хомякова, М. В.

Монтаж и сервисное обслуживание технологического оборудования малых предприятий: учеб.-метод. пособие по изучению дисциплины для студ. бакалавриата по напр. подгот. 15.03.02 Технологические машины и оборудование / М. В. Хомякова. – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВО «КГТУ», 2022. – 63 с.

В учебно-методическом пособии по изучению дисциплины «Монтаж и сервисное обслуживание технологического оборудования малых предприятий» представлены учебно-методические материалы по освоению тем лекционного курса, включающие подробный план лекций по каждой изучаемой теме, вопросы для самоконтроля, материалы по подготовке к практическим занятиям, отражены рекомендации для выполнения контрольной работы студентами заочной формы обучения

Табл. 24, рис. 20, список лит. – 3 наименований

Учебное пособие рассмотрено и рекомендовано к опубликованию кафедрой инжиниринга технологического оборудования 21 апреля 2022 г., протокол № 4

Учебно-методическое пособие по изучению дисциплины рекомендовано к изданию в качестве локального электронного методического материала для использования в учебном процессе методической комиссией института агроинженерии и пищевых систем ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет» 31 октября 2022 г., протокол №11

УДК 621.81

© Федеральное государственное
бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Калининградский государственный
технический университет», 2022 г.
© Хомякова М. В., 2022 г.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ.....	8
2. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ.....	17
3. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ.....	53
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	58
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	59

ВВЕДЕНИЕ

Дисциплина «Монтаж и сервисное обслуживание технологического оборудования малых предприятий» предназначена для подготовки обучающихся в области технологических машин и оборудования.

Повышенные требования к уровню подготовки специалистов в области монтажа и сервисного обслуживания технологического оборудования предприятий связаны с решением задач по эксплуатации комплексов и систем машин, обеспечивающих переход к полной механизации и автоматизации производственных процессов, расширению выпуска высокоэффективных машин и оборудования, оснащенных роботизированными устройствами и микропроцессорами. Этому будет способствовать расширенная реконструкция и ввод новых производственных мощностей.

Вопросы монтажа и сервисного обслуживания технологического оборудования предприятий наряду с вопросами, непосредственно относящимися к устройству и эксплуатации, должны являться профилирующими при подготовке специалистов пищевых производств.

Усвоение основных правил монтажа и сервисного обслуживания технологического оборудования позволит будущим специалистам компетентно решать вопросы обеспечения безопасности производства, улучшения технической и коммерческой эксплуатации, совершенствования работы пищевых предприятий, направленной на всемерное повышение эффективности использования технологического оборудования.

Целью дисциплины является формирование знаний и навыков по вопросам сервисного обслуживания и монтажа технологического оборудования агропромышленного и рыбоперерабатывающего комплексов.

Дисциплина «Монтаж и сервисное обслуживание технологического оборудования малых предприятий» относится к элективному модулю «Пищевая инженерия малых предприятий» части ОПОП ВО по направлению подготовки 15.03.02 – Технологические машины и оборудование, формируемой участниками образовательных отношений.

Задачами дисциплины являются следующие:

- изучение теоретических основ технического обслуживания и ремонта отраслевого оборудования, методов и способов восстановления и ремонта, контроля, сборки и приемки оборудования после ремонта;
- освоение методов определения надежности и ремонтпригодности, принципов изнашивания, технологии ремонтно-восстановительных работ основного технологического оборудования, методов устранения шума и вибрации, уравнивания колеблющихся масс, свойств и принципов выбора смазочных материалов;

- формирование навыков по организации проведения строительно-монтажных и ремонтных работ, особенностей монтажа рыбоперерабатывающего оборудования;

- освоение методов эксплуатационно-технической оценки надежности оборудования, диагностических признаков состояния оборудования;

- формирование навыков по сервисному обслуживанию технологических машин и оборудования.

В результате изучения дисциплины студенты должны:

знать:

- общие положения теории надежности технологического оборудования;

- общие характеристики нагрузок и их влияние на работу машин;

- общие положения теории прочности и износостойкости деталей технологического оборудования;

- теоретические основы монтажа, технического обслуживания и ремонта отраслевого оборудования;

- технологию ремонтно-восстановительных работ отраслевого оборудования;

- структуру ремонтного цикла оборудования;

- классификацию, области применения и свойства смазочных материалов;

- нормы и правила организации планово-предупредительных ремонтов;

- особенности монтажа рыбоперерабатывающего технологического оборудования;

- диагностические признаки состояния оборудования;

уметь:

- составлять техническую документацию для производства монтажных работ;

- организовать, координировать и контролировать все виды работ по сервисному обслуживанию, ремонту и монтажу технологического оборудования;

- дать оценку закономерностям появления дефектов и износа элементов оборудования;

- определять пригодность оборудования к эксплуатации, а также к проведению ремонтных и восстановительных работ;

- осуществлять технический контроль, разрабатывать техническую документацию по соблюдению режима работы оборудования.

- оформлять дефектные ведомости, заявки на материалы и сметы для ремонта;

владеть:

- методиками восстановления и ремонта, контроля, сборки и приёмки оборудования после ремонта;

- методиками оценки шума и вибрации, уравнивания колеблющихся масс;
- методиками борьбы с коррозией технологического оборудования;
- методиками защиты технологического оборудования от преждевременного износа;
- методиками организации и проведения сервисного обслуживания оборудования.

Знания, умения и навыки, полученные при освоении данной дисциплины, используются в дальнейшей профессиональной деятельности.

При реализации дисциплины «Монтаж и сервисное обслуживание технологического оборудования малых предприятий» организуется практическая подготовка путем проведения практических занятий, предусматривающих участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

Для успешного освоения дисциплины «Монтаж и сервисное обслуживание технологического оборудования малых предприятий» студент должен активно работать на лекционных и практических занятиях, организовывать самостоятельную внеаудиторную деятельность.

Форма аттестации по дисциплине: зачет.

Промежуточная аттестация по завершению курса проводится в виде зачета, к которому допускаются студенты очной и заочной формы обучения, освоившие темы курса и выполнившие практические задания и контрольную работу (заочная форма обучения).

Для оценки результатов освоения дисциплины используются:

- оценочные средства поэтапного формирования результатов освоения;
- оценочные средства для промежуточной аттестации по дисциплине.

К оценочным средствам поэтапного формирования результатов освоения дисциплины относятся:

- задания и контрольные вопросы к практическим работам;

К оценочным средствам для промежуточной аттестации по дисциплине, проводимой в форме зачета, соответственно относятся:

- задание к контрольной работе (заочная форма обучения)
- вопросы к зачету.

К экзамену допускаются студенты:

- положительно аттестованные по результатам освоения дисциплины;

Универсальная система оценивания результатов обучения включает в себя системы оценок: 1) «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно»; 2) «зачтено», «не зачтено»; 3) 100-балльную (процентную) систему и правило перевода оценок в пятибалльную систему.

Таблица 1 – Система оценок и критерии выставления оценки

Система оценок Критерий	2	3	4	5
	0–40 %	41–60 %	61–80 %	81–100 %
	«неудовлетворительно»	«удовлетворительно»	«хорошо»	«отлично»
	«не зачтено»	«зачтено»		
1. Системность и полнота знаний в отношении изучаемых объектов	Обладает частичными и разрозненными знаниями, которые не может научно- корректно связывать между собой (только некоторые из которых может связывать между собой)	Обладает минимальным набором знаний, необходимым для системного взгляда на изучаемый объект	Обладает набором знаний, достаточным для системного взгляда на изучаемый объект	Обладает полнотой знаний и системным взглядом на изучаемый объект
2. Работа с информацией	Не в состоянии находить необходимую информацию, либо в состоянии находить отдельные фрагменты информации в рамках поставленной задачи	Может найти необходимую информацию в рамках поставленной задачи	Может найти, интерпретировать и систематизировать необходимую информацию в рамках поставленной задачи	Может найти, систематизировать необходимую информацию, а также выявить новые, дополнительные источники информации в рамках поставленной задачи
3. Научное осмысление изучаемого явления, процесса, объекта	Не может делать научно корректных выводов из имеющихся у него сведений, в состоянии проанализировать только некоторые из имеющихся у него сведений	В состоянии осуществлять научно корректный анализ предоставленной информации	В состоянии осуществлять систематический и научно корректный анализ предоставленной информации, вовлекает в исследование новые релевантные данные	В состоянии осуществлять систематический и научно-корректный анализ предоставленной информации, вовлекает в исследование новые релевантные поставленной задаче данные, предлагает новые ракурсы поставленной задачи
4. Освоение стандартных алгоритмов решения профессиональных задач	В состоянии решать только фрагменты поставленной задачи в соответствии с заданным алгоритмом, не освоил предложенный алгоритм, допускает ошибки	В состоянии решать поставленные задачи в соответствии с заданным алгоритмом	В состоянии решать поставленные задачи в соответствии с заданным алгоритмом, понимает основы предложенного алгоритма	Не только владеет алгоритмом и понимает его основы, но и предлагает новые решения в рамках поставленной задачи

При необходимости для обучающихся инвалидов или обучающихся с ОВЗ предоставляется дополнительное время для подготовки ответа с учетом их индивидуальных психофизических особенностей.

Для успешного освоения дисциплины «Монтаж и сервисное обслуживание технологического оборудования малых предприятий» в учебно-методическом пособии по изучению дисциплины приводится краткое содержание каждой темы занятия, практические задания, задание к контрольной работе для студентов заочной формы и даны рекомендации к организации самостоятельной работы студентов.

1 МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Осваивая курс «Монтаж и сервисное обслуживание технологического оборудования малых предприятий», студент должен научиться работать на лекциях, практических занятиях и организовывать самостоятельную внеаудиторную деятельность. В начале лекции необходимо уяснить цель, которую лектор ставит перед собой и студентами. Важно внимательно слушать, отмечать наиболее существенную информацию и кратко ее конспектировать; сравнивать то, что услышано на лекции с прочитанным и усвоенным ранее материалом, укладывать новую информацию в собственную, уже имеющуюся, систему знаний. По ходу лекции необходимо подчеркивать новые термины, определения, устанавливать их взаимосвязь с изученными ранее понятиями.

Основными видами учебной деятельности в ходе изучения курса являются лекции и практические занятия.

При чтении лекций преподаватель имеет право самостоятельно выбирать формы и методы изложения материала, которые будут способствовать качественному его усвоению. При этом преподаватель в установленном порядке может использовать технические средства обучения, имеющиеся на кафедре и в университете.

Вместе с тем всякий лекционный курс является в определенной мере авторским, представляет собой творческую переработку материала и неизбежно отражает личную точку зрения лектора на предмет и методы его преподавания. В этой связи представляется целесообразным привести некоторые общие методические рекомендации по построению лекционного курса и формам его преподавания.

Лекции составляют основу теоретической подготовки и посвящены основам монтажа и обслуживания оборудования. При проведении лекций необходимо использовать технические средства обучения, ЭИОС, применять методы, способствующие активизации познавательной деятельности слушателей. На лекциях целесообразно теоретический материал иллюстрировать рассмотрением различных примеров и конкретных задач. Имеет

смысл привлекать студентов к обсуждению как рассматриваемого вопроса в целом, так и отдельных моментов рассуждений и доказательств. Необходимо также использовать возможности проблемного изложения, дискуссии с целью активизации деятельности студентов.

Важным звеном во всей системе обучения является самостоятельная работа обучающихся. В широком смысле под ней следует понимать совокупность всей самостоятельной деятельности студентов, как в отсутствии преподавателя, так и в контакте с ним. Она является одним из основных методов поиска и приобретения новых знаний, работы с литературой, а также выполнения предложенных заданий. Преподаватель призван оказывать в этом методическую помощь студентам и осуществлять руководство их самостоятельной работой.

Необходимо контролировать степень усвоения студентами текущего материала, а также уровень остаточных знаний по уже изученным темам.

При изучении курса предусмотрены следующие формы текущего контроля:

- вопросы по теоретическому материалу;
- контроль на практических занятиях.

С целью формирования мотивации и повышения интереса к предмету особое внимание при чтении курса необходимо обратить на темы, которые можно проиллюстрировать примерами из практической сферы, связывая теоретические положения с будущей профессиональной деятельностью студентов.

Тематический план лекционных занятий представлен в таблице 2.

Таблица 2 – Объем (трудоемкость освоения) и структура ЛЗ

Номер темы	Содержание лекционного занятия	Кол-во часов ЛЗ	
		очная форма	заочная форма
1	Планирование и организация монтажных работ	2	1
2	Монтаж фундаментов	2	1
3	Послемонтажные испытания, наладка и ввод оборудования в эксплуатацию	2	1
4	Разборка оборудования и дефектация деталей	2	1
5	Технология сервисного обслуживания основных деталей и узлов	1	0,5
6	Виды износа. Диаграмма естественного износа	1	0,5
7	Система сервисного обслуживания	1	0,5
8	Планирование и организация сервисного обслуживания. Надежность оборудования.	1	0,5
Итого		12	6

Если лектор приглашает студентов к дискуссии, то необходимо принять в ней активное участие. Если на лекции студент не получил ответа на возникшие у него вопросы, он может в конце лекции задать эти вопросы лектору курса дисциплины.

Тема 1. Планирование и организация монтажных работ

Ключевые вопросы темы

1. Планирование и организация монтажных работ.
2. Подготовка плана производства монтажных работ.
3. Подготовка монтажных работ.
4. Способы производства монтажных работ.
5. Организация монтажных работ.
6. Техническая документация для производства монтажных работ.

Ключевые понятия: монтажные работы, план производства монтажных работ, материально-технические средства для производства монтажных работ, техническая документация, разметка фундаментов

Литература: [1, с. 6–11]

Методические рекомендации

Первая тема курса дисциплины направлена на получение у обучающихся представления о базовых понятиях дисциплины, определении места дисциплины в структуре образовательной программы, планируемых результаты освоения дисциплины, возможных рисках освоения дисциплины, знакомит обучающихся с формами текущего и промежуточного контроля.

Монтаж оборудования пищевых производств, как и любого другого производственного оборудования, включает его расконсервацию и ревизию; агрегатную сборку; установку на фундамент и выверку правильности монтажа; подключение к коммуникациям, наладку и индивидуальные испытания.

Монтаж технологического оборудования выполняют в соответствии с планом производства монтажных работ. В данной теме необходимо рассмотреть способы производства монтажных работ (подрядный, хозяйственный, смешанный).

Изучить подготовку плана производства монтажных работ. План монтажных работ составляют на основании проекта строящегося объекта и его генерального плана, согласовывая при этом с планом строительных работ, сроками поступления оборудования, состоянием складского хозяйства, техническим оснащением мастерских или специальных монтажных бригад, ведущих монтажные работы.

Рассмотреть материально-технические средства для производства монтажных работ и техническую документацию для производства монтажных работ (монтажный строительный генеральный план и монтажные чертежи и схемы).

Вопросы для самоконтроля

1. Как производится планирование и организация монтажных работ?
2. В чем смысл плана производства монтажных работ?
3. Какие способы производства монтажных работ вы знаете?
5. Как производится организация монтажных работ?
6. Какие существуют виды технической документация для производства монтажных?

Тема 2. Монтаж фундаментов

Ключевые вопросы темы

1. Разметка фундаментов.
2. Устройство фундаментов.
3. Установка оборудования на фундамент.

Ключевые понятия: разметка фундаментов, устройство фундаментов, установка оборудования на фундамент

Литература: [1, с. 11–15]

Методические рекомендации

Подготовка монтажных работ начинается с устройства фундаментов под технологическое оборудование.

В данной теме изучить понятие разметочных работ – важнейших операций при монтаже оборудования. От тщательного и точного выполнения разметки зависит качество установки и пуска оборудования.

Рассмотреть фундаменты в зависимости от характера действующих на них нагрузок (фундаменты для оборудования с уравновешенными силами инерции и для оборудования с неуравновешенными силами инерции).

Рассмотреть порядок установки оборудования на фундамент.

Вопросы для самоконтроля

1. Что такое разметочные работы?
2. Какие виды фундаментов существуют?
3. Из каких частей обычно состоит фундамент?
4. Что учитывается при определении размеров фундаментов?
5. Как производится установка оборудования на фундамент?

Тема 3. Послемонтажные испытания, наладка и ввод оборудования в эксплуатацию

Ключевые вопросы темы

1. Особенности монтажа основного технологического оборудования.
2. Выбор грузоподъемных средств.
3. Подготовка оборудования к монтажу.

Ключевые понятия: грузоподъемные устройства, виды наладки, неполадки при монтаже оборудования

Литература: [1, с. 14–18]

Методические рекомендации

В данной теме рассмотреть особенности монтажа основного технологического оборудования: монтаж узлов, механизмов и машин.

При монтаже оборудования производятся такелажные работы, выполняемые при помощи различных такелажных средств. Необходимо изучить виды оборудования и обосновать выбор грузоподъемных средств для конкретного вида работ.

Рассмотреть послемонтажные испытания, виды наладки и ввод оборудования в эксплуатацию. Ознакомиться с основными неполадками, возникающими при монтаже технологического оборудования, причины и способы их устранения.

Вопросы для самоконтроля

1. Какие грузоподъемные устройства применяют для монтажа оборудования?
2. Какие виды наладок вам известны?
3. Что такое контрольная наладка?
4. Каковы причины неполадки, при которой происходит течь масла в стыках и подшипниках валов?
5. Оборудование считается принятым в эксплуатацию после каких мероприятий?

Тема 4. Разборка оборудования и дефектация деталей

Ключевые вопросы темы

1. Разборка оборудования.
2. Дефектация деталей и узлов.

Ключевые понятия: разборка, дефектация

Литература: [1, с. 19–22]

Методические рекомендации

Рассмотреть два основных этапа технологии ремонта машины: подготовительного и непосредственно ремонтного. Изучить, какие виды работ проводятся в эти этапы.

Особое внимание уделить путям определения износа и неисправности деталей и узлов (наружный осмотр; с помощью контрольно-измерительных инструментов; с помощью специальных приспособлений, устройств и приборов).

Вопросы для самоконтроля

1. Какие работы входят в подготовительный и ремонтный этапы?
2. Что проверяют при осмотре машины перед ремонтом?
3. Что делают с деталями, подлежащими дефектовке, после разборки оборудования?
4. Какими способами определяются износ и неисправность деталей и узлов?
5. Что указывается в дефектной ведомости?

Тема 5. Технология ремонта основных деталей и узлов

Ключевые вопросы темы

1. Методы восстановления изношенных деталей.

Ключевые понятия: метод ремонтных размеров, метод восстановления изношенных деталей до номинальных размеров, метод использования деталей-компенсаторов

Литература: [1, с. 23–24]

Методические рекомендации

Восстановление изношенных деталей можно осуществить тремя методами: методом ремонтных размеров; методом наращивания изношенного слоя материала рабочей поверхности с последующей обработкой ее до номинальных размеров; методом использования деталей-компенсаторов. Рассмотреть сущность этих методов, достоинства и недостатки.

Вопросы для самоконтроля

1. В чем заключается метод ремонтных размеров?

2. Как называют размеры, с которыми деталь устанавливалась в новую машину?

3. Что такое ремонтные размеры?

4. Как производится восстановление размеров детали до номинальных?

5. Для чего применяют накладки?

Тема 6. Виды износа. Диаграмма естественного износа

Ключевые вопросы темы

1. Износ деталей и меры по предотвращению износа.

2. Принципы изнашивания.

Ключевые понятия: причины износа

Литература: [1, с. 25–29]

Методические рекомендации

Под действием нагрузок и вибраций в технологическом оборудовании изменяются зазоры в подвижных соединениях, происходит разбалансировка, смещение деталей, закрепленных с помощью неподвижных посадок, деформация элементов узлов и т.д. Все эти явления непосредственно зависят от интенсивности динамических воздействий и условий окружающей среды.

В общем случае на механизмы машин действуют силы, обусловленные рабочими режимами, силы трения в кинематических парах и силы инерции движущихся частей. В данной теме необходимо изучить действия этих сил, приводящих к износу оборудования.

Более подробно рассматривается протекание естественного механического изнашивания (диаграмму естественного износа).

Вопросы для самоконтроля

1. Какие виды износа вам известны?

2. Какие факторы оказывают влияние на износ оборудования?

3. Что такое диаграмма естественного износа?

4. Чем измеряется величина износа деталей?

5. Как возможно снизить силу трения, вызывающую износ деталей?

Тема 7. Система сервисного обслуживания

Ключевые вопросы темы

1. Основы действующей системы планово-предупредительных ремонтов.
2. Межремонтное техническое обслуживание.
3. Плановые технические осмотры.
4. Малый, средний, капитальный ремонты.
5. Текущий и восстановительный ремонты.

Ключевые понятия: межремонтное техническое обслуживание, плановые технические осмотры, малый ремонт, средний ремонт, капитальный ремонт, текущий ремонт, восстановительный ремонт

Литература: [1, с. 30–35]

Методические рекомендации

На предприятиях пищевой промышленности применяется система планово-предупредительного ремонта (ППР), которая предусматривает периодическое выполнение технических осмотров и различных категорий ремонтов оборудования после определенного числа часов его работы; установление последовательности профилактических и ремонтных воздействий и интервалов времени между ними в зависимости от условий эксплуатации оборудования, его технических характеристик, типа производства и физико-механических свойств сырья; выполнение профилактических и разных ремонтных работ в пределах регламентированных нормальных объемов работ, обеспечивающих нормальное работоспособное состояние оборудования.

В данной теме необходимо рассмотреть подразделения комплекса профилактических работ по оборудованию в системе ППР.

Вопросы для самоконтроля

1. В чем заключается плановый технический осмотр?
2. Какие категории плановых ремонтов вам известны?
3. В чем заключается малый ремонт?
4. В чем заключается средний ремонт?
5. В чем заключается капитальный ремонт?

Тема 8. Планирование и организация сервисного обслуживания. Надежность оборудования

Ключевые вопросы темы

1. Централизованная Децентрализованная и смешанная форма организации ремонта.
2. Подготовка ремонта.
3. Показатели надежности.

Ключевые понятия: формы организации ремонта, долговечность, безотказность, ремонтпригодность, ремонтоспособность, ремонтодоступность, нормы показателей надежности

Литература: [1, с. 36–53]

Методические рекомендации

Планирование выполнения ремонтных работ зависит от многих факторов, в том числе от: выбранного метода ремонта; существующей формы организации ремонта; режима работы предприятия (сменность, характер производственного процесса и т.д.); технического оснащения ремонтных служб; численного состава и квалификации ремонтных рабочих; наличия резерва сменно-запасных частей, узлов и комплектующих изделий и др.

В данной теме необходимо рассмотреть планирование и организацию ремонтных работ. Немаловажным разделом данной темы, который необходимо изучить, является порядок передачи оборудования в ремонт и приемки его из ремонта. Рассмотреть материально-техническую подготовку ремонтных работ, материальное снабжение и финансирование работ по ремонтному обслуживанию.

Практика, анализ отказов и неисправностей технологического оборудования свидетельствуют о том, что оборудование в значительной мере простаивает из-за недостаточно высокой надежности, нарушений правил технической эксплуатации и низкого качества ремонта. В этой связи необходимо изучить понятия надежности и долговечности оборудования.

Вопросы для самоконтроля

1. Чем характеризуется общий ремонт?
2. Какие формы организации ремонта технологического оборудования в зависимости от местных условий производства и масштабной категории предприятия вы знаете?
3. Чем определяется надежность технологического оборудования?
4. От чего зависит длительность межремонтного периода?
5. Что характеризует ремонтпригодность?

2 МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ

Практические занятия проводятся с целью формирования у студентов умений и навыков в области монтажа и сервисного обслуживания оборудования.

Практические занятия по дисциплине «Монтаж и сервисное обслуживание технологического оборудования малых предприятий» являются важной составной частью учебного процесса изучаемого курса, поскольку помогают лучшему усвоению курса дисциплины, закреплению знаний.

В ходе самостоятельной подготовки студентов к практическому занятию необходимо не только воспользоваться литературой, рекомендованной преподавателем, но и проявить самостоятельность в отыскании новых источников, связанных с темой практического занятия.

Тематический план практических (ПЗ) занятий представлен в таблице 3.

Таблица 3 – Объем (трудоемкость освоения) и структура ПЗ

Номер темы	Содержание практического (семинарского) занятия	Кол-во часов ЛЗ	
		очная форма	заочная форма
1	Определение параметров ремонтного цикла	2	0,5
2	Оценка надежности работы оборудования	2	0,5
3	Расчет такелажных средств при перемещениях и подъеме технологического оборудования	2	0,5
4	Составление схемы разборки и дефектации узла	2	0,5
5	Центровка валов по изломам и смещениям	2	0,5
6	Расшифровка цилиндрических зубчатых колес	4	0,5
7	Обмер и определение износа деталей	4	0,5
8	Определение ремонтных размеров детали	4	0,5
Итого		22	4

Практическое задание № 1 Определение параметров ремонтного цикла

Цель работы: формирование умений и навыков по составлению оптимальной структуры ремонтного цикла и определению основных его параметров

Задание: в соответствии с индивидуальным заданием провести оптимизацию структуры ремонтного цикла и определить его основные параметры.

1. Краткие теоретические сведения

Ремонтный цикл (РЦ) – наименьшие повторяющиеся интервалы времени или наработки оборудования, в течение которых выполняются в определенной последовательности в соответствии с требованиями нормативно-технической документации (НТД) все установленные виды ремонта.

Основное содержание РЦ составляют: наработка (календарное время) оборудования, определяемое НТД; виды ремонта и порядок их чередования. Оно определяется Положением о системе ТО и ремонта отраслевого оборудования.

В соответствии с ГОСТ установлены текущий, средний и капитальный ремонты. Положение предусматривает для технологического оборудования либо два, либо три вида ремонта в различных сочетаниях. Неизменным является то, что РЦ всегда заканчивается наиболее сложным видом ремонта, в результате проведения которого оборудованию устанавливается межремонтный ресурс и цикл повторяется снова.

Структура РЦ определяется числом ремонтов, видами ремонта и порядком их чередования. Она должна способствовать сокращению простоев оборудования, повышению надежности работы узлов и деталей машин.

С целью наглядности представления цикла его структура изображается с помощью графа состояния.

Построение графика ремонтного цикла включает следующую последовательность:

- по оси ординат слева откладывается наработка групп деталей, справа указываются виды ремонта;
- по оси абсцисс вверху указывается нумерация групп деталей, внизу – номера ремонтов в арифметической последовательности независимо от их вида;
- • - сплошной кружок означает выполнение планового ремонта в соответствии с наработкой деталей;
- © - обведенный кружок означает выполнение непланового (преждевременного) ремонта в соответствии с системой ППР (планово-предупредительного ремонта).

На основании вышесказанного строим график ремонтного цикла 2ТР-СК-КР (предварительный).

Построение графа РЦ выполняется в следующей последовательности:

- 1) 1-я группа деталей имеет наработку до ремонта τ_p^1 поэтому проходит все виды плановых ремонтов, что на вертикальной оси отмечаем сплошными кружками.

$$\tau_p^1 = \tau_{\min}.$$

Суммарное число кружков для этой группы деталей равно:

$$\sum \tau_{p1}^1 = 4;$$

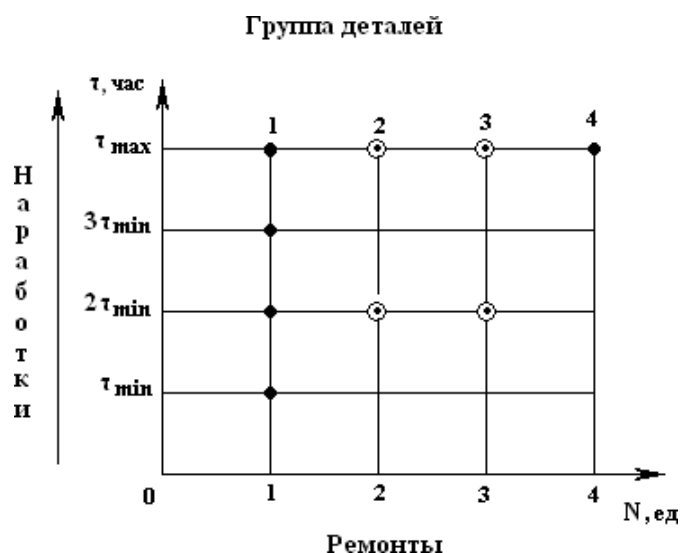


Рис. 1 – Схема РЦ на предварительном этапе

2) группы деталей проходят два неплановых ремонта и поэтому отмечаются обведенными кружками.

Это связано с тем, что наработка $\tau_{p}^{2,3} = 3 \cdot \tau_{\min}$. В соответствии с системой ППР, деталь, имеющая ресурс больше наработки, соответствующей проведению более сложного вида ремонта, но меньше самого сложного вида ремонта, проходит указанные виды ремонта. Детали 2-й и 3-й группы проходят последовательно средний и капитальный ремонты как внеплановые (не выработавшие установленный ресурс), но как подлежащие ремонту в соответствии со стратегией ППР;

3) 4-я группа деталей имеет наработку $\tau_p^4 = \tau_{\max}$, т. е. соответствующую проведению капитального ремонта, что отмечается сплошным кружком.

В результате построения графа РЦ имеем:

- суммарное число ремонтов: $l_E^p = 9$;
- число неплановых ремонтов: $l_H^p = 4$.

Для ремонтных циклов симметричного вида установлен параметр оптимизации, который имеет аналогичное выражение:

$$L_{pc} = \frac{l_H^p}{l_E^p}.$$

В нашем примере указанный параметр имеет значение $L_{pc} = \frac{4}{9} = 0,44$.
Оптимальное значение параметра находится в пределах:

$$0,1 \leq L_{pc}^{opt} \leq 0,2,$$

так как $L_{pc} = 0,44 > L_{pc}^{opt} < 0,2$, то расчетный цикл нуждается в оптимизации. Суть процесса оптимизации заключается в определении (установлении) такой наработки для групп деталей, при которой число незапланированных

(преждевременных) ремонтов было минимальным, т.е. $l_n^p \rightarrow \min$. Идеальным является условие $l_n^p = 0$, но на практике встречается крайне редко.

При оптимизации необходимо соблюдать следующие правила:

- наработку (ресурс) деталей до 1-го ремонта независимо от его сложности можно только уменьшать;
- число групп деталей с одинаковой наработкой должно быть не более двух и трех, причем это правило начинает действовать с РЦ размером 6×6 , 8×8 и т.д.;
- суммарное число групп деталей при менее сложном ремонте не должно быть больше, чем при более сложном ремонте.

Оптимизация РЦ проводится в несколько этапов, число которых в сложных циклах определить трудно.

В нашем примере на 1-м этапе оптимизации установим $\tau_p^2 = 2 \cdot \tau_{\min}$ и $\tau_p^3 = 3 \cdot \tau_{\min}$. Устанавливать ресурс 3-й группе деталей, равный $2 \cdot \tau_{\min}$ нельзя, так как цикл имеет размер 4×4 , т.е. в одном интервале число групп деталей не может быть больше 1. В соответствии с вышеуказанным имеем

$$\tau_p^1 = 1 \cdot \tau_{\min}; \tau_p^2 = 2 \cdot \tau_{\min}; \tau_p^3 = 3 \cdot \tau_{\min}; \tau_p^4 = 4 \cdot \tau_{\min}$$

Группа деталей

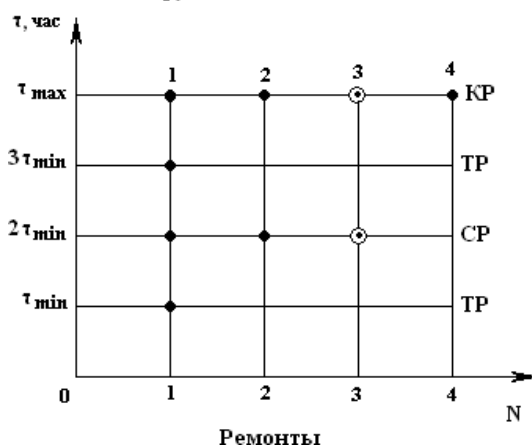


Рис. 2 – Схема РЦ с учетом изменений

Схема РЦ после 1-го этапа оптимизации:

а) $l_E^p = 9$; $l_n^p = 2$;

б) $L_{pц} = \frac{2}{9} = 0,22$.

На этом этапе оптимизация заканчивается, так как при таком размере РЦ вариантов для дальнейшей оптимизации практически нет.

2. Расчет параметров ремонтного цикла

2.1 Коэффициент технического использования оборудования

Коэффициент технического использования оборудования определяется отношением времени работы оборудования в течение установленного срока к сумме его работы и времени простоя в связи с ремонтом.

Аналитическое выражение имеет вид:

$$K = \frac{\tau_p}{\tau_p + \tau_{пр}}, \quad (1)$$

где τ_p – время работы оборудования; $\tau_{пр}$ – время простоя оборудования на ремонте. Преобразуем выражение (1) следующим образом:

$$K_{мн} = \frac{\tau_p}{\tau_p + \tau_{пр}} = \frac{1}{1 + \frac{\tau_{пр}}{\tau_p}}, \text{ т. к. } \tau_p \gg 0.$$

В случае, если $\tau_{пр} = \tau_p$, то $K_{мн} = 0,5$. Для того, чтобы $K_{мн} \geq 0,85$, т.е. оборудование работало эффективно, необходимо, чтобы $\frac{\tau_{пр}}{\tau_p} \leq 0,176$, т.е. время простоя оборудования на ремонте не должно превышать 17,6 % от времени его работы.

В этом случае можно говорить об эффективности работы оборудования.

2.2 Расчет времени работы и простоя оборудования

Время работы оборудования определяется по аналитической зависимости:

$$\tau_p = K_{сут} \cdot t_{сут} \cdot n_{сут}^{\Sigma}, \quad (2)$$

где $K_{сут}$ – коэффициент суточного использования оборудования; $t_{сут} = 24$ ч; $n_{сут}^{\Sigma}$ – суммарное число суток, в течение которых оборудование работало до 1-го ремонта (за месяц, год и т.д.).

С учетом вышесказанного формула (2) примет вид:

$$\tau_p = K_{сут} \cdot 24 \cdot n_{сут}^{\Sigma}, \text{ ч.}$$

Время простоя оборудования на ремонте определяется по формуле:

$$\tau_{пр} = q_i \cdot \psi \cdot t_{сут}, \quad (3)$$

где q_i – нормированный коэффициент простоя, зависящий от i -го вида ремонта. При соотношении трудоемкостей ремонтов КР : СР : ТР = 1,0 : 0,5 : 0,25 коэффициент простоя - $q_{тр} = 0,25$; $q_{ср} = 0,5$; $q_{кр} = 1,0$; ψ – коэффициент ремонтпригодности оборудования. Величина ψ указывается в Положении о системе ТО и ремонта оборудования; $t_{сут} = 24$ ч.

С учетом вышесказанного формула (3) преобразуется, и будет иметь вид:

$$t_{пр} = 24 \cdot \psi \cdot q_i.$$

При определении коэффициента технического использования оборудования при ремонте, время работы оборудования и время простоя определяются с нарастающим итогом.

Коэффициент технического использования оборудования определяется для каждого вида ремонта, после чего строится графическая зависимость $K_{мн} = f(N)$.

2.3. Суммарное число ремонтов для групп деталей и число преждевременных ремонтов

Параметр i_{Σ}^p определяется по формуле: $i_{\Sigma}^p = i_1^p + i_2^p + i_3^p + \dots + i_n^p$.

Параметр $i_n^p = i_{n1}^p + i_{n2}^p + i_{n3}^p + \dots + i_{nn}^p$.

2.4. Коэффициент оптимальности ремонтного цикла

Коэффициент L_{pc} определяется по формуле:

$$L_{pc} = \frac{i_n^p}{i_\Sigma^p}.$$

$0,1 \leq L_{pc} < 0,2$, условие оптимальности ремонтного цикла.

2.5. Определение трудозатрат при выполнении ремонтных работ

Трудоемкость ремонта оборудования определяется по аналитической зависимости:

$$\Phi_1 = \Phi_{\text{усл}}^M \cdot \psi \cdot q_1 + \Phi_{\text{усл}}^Э \cdot \psi \cdot q_1, \quad (4)$$

где $\Phi_{\text{усл}}^M$ и $\Phi_{\text{усл}}^Э$ – установленная нормативная трудоемкость капитального ремонта условной механической и электрической части оборудования соответственно.

Величина $\Phi_{\text{усл}}^M$ и $\Phi_{\text{усл}}^Э$ устанавливаются Положением о системе ТО и ремонта и имеет значение $\Phi_{\text{усл}}^M = 20 \dots 40$ чел.·час; $\Phi_{\text{усл}}^Э = 10 \dots 20$ чел.·ч.

Таким образом, трудоемкость текущего, среднего и капитального ремонтов определится по формулам:

$$\begin{aligned} \Phi_{tr} &= q_{tr} \cdot \psi \cdot \Phi_{\text{усл}}^M + q_{tr} \cdot \psi \cdot \Phi_{\text{усл}}^Э \\ \Phi_{cr} &= q_{cr} \cdot \psi \cdot (\Phi_{\text{усл}}^M + \Phi_{\text{усл}}^Э) \\ \Phi_{kr} &= q_{kr} \cdot \psi \cdot (\Phi_{\text{усл}}^M + \Phi_{\text{усл}}^Э) \end{aligned} \quad (5)$$

В случае если в конструкции оборудования отсутствует электрическая часть, формулы (5) имеют упрощенный вид:

$$\begin{aligned} \Phi_{tr} &= q_{tr} \cdot \psi \cdot \Phi_{\text{усл}}^M \\ \Phi_{cr} &= q_{cr} \cdot \psi \cdot \Phi_{\text{усл}}^M \\ \Phi_{kr} &= q_{kr} \cdot \psi \cdot \Phi_{\text{усл}}^M \end{aligned}$$

Суммарные трудозатраты на ремонт оборудования в течение PC равны:

$$\Phi_\Sigma = n \cdot \Phi_{tr} + m \cdot \Phi_{cr} + K \Phi_{kr},$$

так как $K = 1$, то

$$\Phi_\Sigma = n \cdot \Phi_{tr} + m \cdot \Phi_{cr} + \Phi_{kr},$$

где n и m – число ремонтов текущего и среднего соответственно.

3. Индивидуальные задания

В соответствии с исходными данными в таблице 4 провести оптимизацию структуры ремонтного цикла и определить его основные параметры.

Таблица 4 – Исходные данные

Номер варианта	Периодичность выполнения ремонтов $TP:CP:KP$, мес.	Коэффициент сложности, ψ	Нормы простоя оборудования на одну условную единицу ремонтосложности			Нормативная трудоемкость ремонта оборудования, чел. час		Коэффициент суточного использования оборудования, $K_{сут}$
			$q_{тр}$	$q_{ср}$	$q_{кр}$	$\Phi_{усл}^M$	$\Phi_{усл}^Э$	
1	1,5 : 6 : 18	10	0,24	0,51	1,01	40	15	0,35
2	4 : 12 : 18	10	0,23	0,52	1,00	30	12	0,40
3	3 : 12 : 36	12	0,21	0,50	0,96	40	10	0,60
4	3 : 18 : 36	8	0,21	0,52	1,01	40	15	0,50
5	4 : 24 : 48	10	0,20	0,52	1,01	35	10	0,66
6	2 : 6 : 24	12	0,24	0,53	1,02	45	15	0,70
7	4 : 12 : 48	9,5	0,21	0,54	1,00	40	10	0,6
8	3 : 18 : 36	8,5	0,25	0,52	1,00	40	15	0,8
9	2 : 12 : 24	9,5	0,23	0,53	0,96	35	15	0,6
10	3 : 9 : 36	9,0	0,24	0,51	1,00	40	10	0,5
11	1,5 : 6 : 18	10	0,25	0,53	0,98	30	10	0,45
12	2 : 12 : 24	10	0,24	0,52	1,00	40	10	0,45
13	3 : 18 : 36	12	0,23	0,51	1,00	30	15	0,50
14	3 : 12 : 36	10	0,24	0,52	1,0	40	10	0,6
15	4 : 24 : 48	9,5	0,25	0,50	1,0	40	15	0,8

Контрольные вопросы

1. Определение ремонтного цикла.
2. Правила оптимизации РЦ.
3. Как определяются трудозатраты по видам ремонта?
4. Как определяется формула ремонтного цикла?
5. Структура ремонтного цикла.
6. Как определяется коэффициент технического использования оборудования?
7. Аналитическое выражение коэффициента оптимальности РЦ.

Практическое задание № 2 Оценка надежности работы оборудования

Цель работы: формирование умений и навыков по выполнению расчетов вероятностей безотказной работы оборудования технологических производственных линий.

Задание: в соответствии с заданием, определить вероятность безотказной работы системы

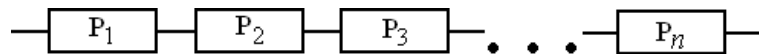
1. Краткие теоретические сведения

Технологические линии по производству пищевой продукции представляют системы последовательно и параллельно соединенных машин, агрегатов и т.д. (в дальнейшем именуемыми элементами системы). Надежность работы такой системы определяется надежностью каждого составляющего элемента в зависимости от способа соединения. Элементы, составляющие технологическую линию, имеют различные значения вероятности безотказной работы даже в пределах установленного ресурса.

Чтобы обеспечить высокую надежность работы технологической линии применяется дублирование систем или резервирование отдельных элементов.

При последовательном соединении элементов вероятность безотказной работы системы определяется произведением вероятностей составляющих ее элементов.

Дана система, состоящая из последовательно соединенных элементов:



$$P_c = p_1 \cdot p_2 \cdot p_3 \cdot \dots \cdot p_n; P_c = \prod_{i=1}^n p_i$$

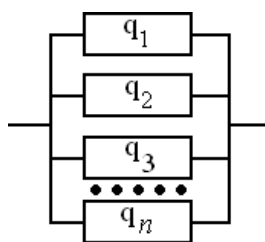
если $p_1 = p_2 = p_3 = \dots = p_n$, то $P_c = p^n$,

p_1, p_2, p_3, p_n – вероятность безотказной работы элемента.

При параллельном соединении элементов вероятность безотказной работы системы определяется через произведение вероятностей отказа составляющих ее элементов.

Дана система из параллельно соединенных элементов.

$q_1 ; q_2 ; q_3 , \dots q_n$ – вероятность отказа элемента.



Вероятность отказа системы определяется произведением вероятностей отказа каждого элемента:

$$Q_c = q_1 \cdot q_2 \cdot q_3 \cdot \dots \cdot q_n = \prod_{i=1}^n q_i$$

если $q_1 = q_2 = q_3 = \dots = q_n$, то $Q_c = q^n$

$P_c = 1 - q_1 \cdot q_2 \cdot q_3 \cdot \dots \cdot q_n = 1 - (1 - p_1) \cdot (1 - p_2) \cdot (1 - p_3) \cdot \dots \cdot (1 - p_n)$;

если $p_1 = p_2 = p_3 = \dots = p_n$, то $P_c = 1 - (1 - p_i)^n$.

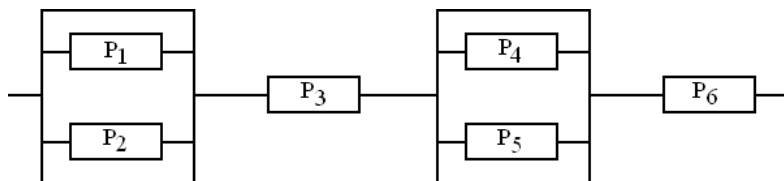
В случае сложной системы (когда последняя состоит из параллельных и последовательно соединенных элементов) для определения вероятности безотказной работы применяют следующую последовательность:

- на 1-м этапе сложную систему приводят к более простой, состоящей только из последовательно соединенных элементов;
- на 2-м этапе определяют вероятность безотказной работы вновь образованных элементов;
- на 3-м этапе определяют вероятности безотказной работы всей системы.

Необходимо отметить, что резервирование системы дает больший эффект, чем дублирование при прочих равных условиях. Поэтому на практике применяют комбинацию дублирования и резервирования системы в зависимости от конструктивных, технологических, эксплуатационных и экономических факторов.

Резервирование элементов может осуществляться не только отдельных машин и оборудования, но и резервирование отдельных деталей и узлов внутри самих машин и механизмов.

Пусть дана система, состоящая из последовательно и параллельно соединенных элементов с вероятностью безотказной работы каждого элемента p_i .



Необходимо определить вероятность безотказной работы системы P_c .

На 1-м этапе приводим систему к более простой (состоящей из последовательно соединенных элементов)



На 2-м этапе определяем вероятности безотказной работы вновь образованных элементов:

$$p_{1,2} = 1 - Q_{1,2} = 1 - (1 - p_1) \cdot (1 - p_2);$$

$$p_{4,5} = 1 - Q_{4,5} = 1 - (1 - p_4) \cdot (1 - p_5)$$

На 3-м этапе определяем вероятность безотказной работы всей системы:

$$P_c = p_{1,2} \cdot p_3 \cdot p_{4,5} \cdot p_6 = [1 - (1 - p_1) \cdot (1 - p_2)] \cdot p_3 \cdot [1 - (1 - p_4) \cdot (1 - p_5)] \cdot p_6$$

2. Задание для практической работы

2.1 Определить вероятность безотказной работы системы в соответствии с индивидуальным заданием (таблица 5)

2.2. В соответствии с исходными данными определить количество элементов системы, которые необходимо зарезервировать элементов системы, чтобы $P_c \gg 0,98$.

Таблица 5 – Индивидуальные задания

№ вар	Система элементов	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5	P_6	P_7	P_8	P_9	P_{10}
1		0,9	0,8	0,9	0,8	0,9	0,8	0,9	0,95	0,95	0,95
2		0,8	0,9	0,8	0,9	0,8	0,9	0,8	0,85	0,9	0,85
3		0,85	0,95	0,8	0,85	0,9	0,95	0,8	0,9	0,85	0,8
4		0,9	0,85	0,95	0,8	0,85	0,9	0,95	0,8	0,9	0,85
5		0,8	0,9	0,85	0,95	0,8	0,85	0,9	0,95	0,8	0,9
6		0,9	0,8	0,9	0,85	0,95	0,8	0,85	0,9	0,95	0,8
7		0,85	0,9	0,8	0,9	0,85	0,95	0,8	0,85	0,9	0,95
8		0,8	0,85	0,9	0,8	0,9	0,85	0,95	0,8	0,85	0,9
9		0,9	0,8	0,85	0,9	0,8	0,9	0,85	0,95	0,8	0,85
10		0,8	0,85	0,9	0,8	0,95	0,8	0,9	0,85	0,95	0,8
11		0,85	0,9	0,8	0,95	0,8	0,9	0,85	0,9	0,85	0,95
12		0,9	0,8	0,95	0,8	0,9	0,85	0,9	0,8	0,95	0,85
13		0,8	0,95	0,8	0,9	0,85	0,9	0,8	0,95	0,85	0,9
14		0,95	0,8	0,9	0,85	0,9	0,8	0,95	0,85	0,9	0,8
15		0,8	0,9	0,85	0,9	0,8	0,95	0,85	0,9	0,8	0,95
16		0,9	0,85	0,9	0,8	0,95	0,85	0,9	0,8	0,95	0,8
17		0,85	0,9	0,8	0,95	0,85	0,9	0,8	0,95	0,8	0,9
18		0,9	0,8	0,95	0,85	0,9	0,8	0,95	0,8	0,9	0,85
19		0,8	0,95	0,85	0,9	0,8	0,95	0,8	0,9	0,85	0,8
20		0,95	0,85	0,9	0,8	0,95	0,8	0,9	0,85	0,8	0,9

Контрольные вопросы

1. Как определяется вероятность безотказной работы оборудования при последовательном и параллельном соединении элементов?
2. Порядок расчета вероятности безотказной работы сложной системы.
3. Что дает больший эффект: дублирование или резервирование систем?
4. Способы повышения надежности работы систем оборудования.
5. Назовите основные показатели надежности технологического оборудования.

Практическое задание № 3 Расчет такелажных средств при перемещениях и подъеме технологического оборудования

Цель работы: формирование умений и навыков по расчету такелажных средств при ремонте оборудования

Задание: произвести расчет стрелы в соответствии с расчетными схемами

1. Краткие теоретические сведения

Такелажные операции, выполняемые при ремонте технологического оборудования предприятий пищевой промышленности, подготавливаются и проводятся в строгой технологической последовательности с соблюдением мер безопасности. При этом необходимо знать массу перемещаемого изделия, проверить документацию подъемно-транспортных средств.

2. Определение массы узлов и деталей

2.1. Масса поднимаемого груза определяется по:

- паспортным данным;
- предварительному взвешиванию;
- эмпирическим формулам.

Точность измерения не должна превышать 10...15 % массы поднимаемого груза.

2.1.1. Оборудование, содержащее валы, подшипники, червяки либо шнеки с чугунными кожухами, цилиндрами, стальными рамами и т.д.

Масса оборудования определяется по формуле:

$$M = K \cdot W, \text{ кг},$$

где K – коэффициент заполнения кубического метра, $\text{кг}/\text{м}^3$; $K = 700 \dots 2000$, увеличение K связано с уменьшением зазоров и плотностью заполнения объема; V – объем основного оборудования, м^3 .

2.1.2 Центробежные насосы в сборе с электродвигателем на одной общей раме.

Масса определяется по формуле:

$$M = AB \cdot H, \text{ кг; т},$$

где A, B, H – габаритные размеры агрегата, м .

Насос, отделенный от электродвигателя, имеет массу

$$M = K \cdot L, \text{ кг},$$

где $K = 1,5 \dots 3,5 \text{ кг}/\text{см}$. K увеличивается с увеличением ступеней насоса; L – габаритная длина насоса, см .

2.1.3 Поршневые компрессоры

Масса определяется по эмпирической зависимости:

$$M = K \cdot A \cdot H \cdot L, \text{ кг},$$

где K – коэффициент мощности двигателя компрессора, $\text{кг}/\text{м}^3$. K определяется по таблице 6; A, H, L – габаритные размеры компрессора, м .

Таблица 6

$P, \text{ кВт}$	≤ 15	25...60	80..10 0	100..250	> 300
$K, \text{ кг}/\text{м}^3$	1000	550	400	350	250

2.1.4 Электродвигатели

Масса асинхронных двигателей определяется по формуле

$$M = K \cdot W, \text{ кг},$$

где K – коэффициент, определяемый по таблице 7; W – мощность электродвигателя.

Таблица 7

Мощность, кВт	Величина K , в зависимости от частоты вращения электродвигателя, мин^{-1}			
	750	1000	1500	3000
10...20	25...35	12...18	10...16	8...14
20...40	18...25	10...16	8...14	5...8
75	-	10...15	8...12	5...8
1000...125	-	-	6...10	5...8
250	-	-	5...8	4...6

2.2 Расчет стрелы

Задача расчета заключается в определении расчетных напряжений в среднем сечении стрелы σ_p , которое сравнивается с допускаемым $[\sigma]$.

Необходимо при расчете выполнение условия $\sigma_p \leq [\sigma] = 125 \text{ МПа}$.

При расчете принимаем, что усилие на подвеске верхнего блока полиспаста подъема груза P с учетом коэффициента динамичности и собственной массы определяется по формуле:

$$P = K \cdot Q,$$

где Q – масса поднимаемого груза; K – коэффициент динамичности, $K = 1,4 \dots 1,5$.

Поворотные стрелы, крепящиеся к железобетонным конструкциям здания, являются основным опорным сооружением при выполнении такелажных работ (рисунок 3).

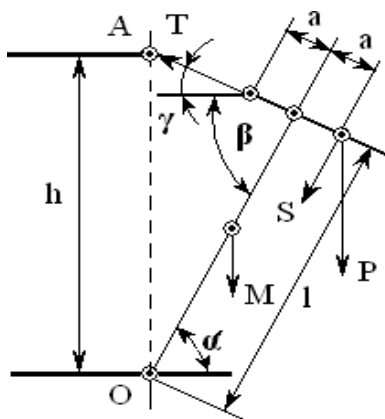


Рис. 3 – Расчетная схема стрелы:

M – масса стрелы (кг); l – длина стрелы (см);
 α, β, γ – соответствующие углы (град); a – плечо от точки крепления полиспаста до
 оси стрелы (см); n – число ниток в полиспасте подъема груза

2.2.1 Определяем нагрузку на полиспаст подъема груза

$$T = \frac{M \cdot \frac{1}{2} \cos \alpha + P \left(l \cdot \cos \alpha + a \cdot \sin \alpha + \frac{a}{0,9n} \right)}{l \cdot \sin \beta + a \cdot \cos \beta}.$$

2.2.2 Полное усилие S определяется по формуле

$$S = P \sin \alpha + T \cos \beta + \frac{P}{0,9z},$$

где z – число ниток в полиспасте подъема.

2.2.3 Определяем изгибающий момент, действующий в среднем сечении стрелы по формуле:

$$M_{из} = \frac{P \cdot a}{0,9z} + M \cos \alpha \frac{1}{8} + P \cos \alpha \frac{1}{2} + P \cdot a \sin \alpha - T \cdot a \cos \beta - T \frac{1}{2} \sin \beta.$$

2.2.4 Определяем суммарное напряжение в среднем сечении стрелы по формуле:

$$\sigma_p = \frac{S}{F \cdot \varphi} + \frac{M \sin \alpha}{F \cdot \varphi} + \frac{M_{из}}{W},$$

где F – площадь поперечного сечения стрелы, см^2 ; φ – коэффициент, учитывающий продольный изгиб; W – момент сопротивления сечения стрелы, см^3 .

2.2.5 Сравниваем σ_p с $[\sigma]$.

Необходимо, чтобы $\sigma_p \leq [\sigma] = 125 \text{ МПа} = 1250 \text{ кг/см}^2$.

При $\sigma_p \geq [\sigma]$ следует подобрать стрелу большего сечения.

2.2.6. Использование расчетных данных

а) По усилию T определяем возможность использования колонны здания для восприятия усилий.

б) Исходя из паспортной грузоподъемности лебедки Γ_r определяют число ниток и подбирают трос для оснастки полиспаста (округляя до целого числа)

$$n \approx \frac{T}{\Gamma_r}.$$

2.3. Расчет мачты (рисунок 4)

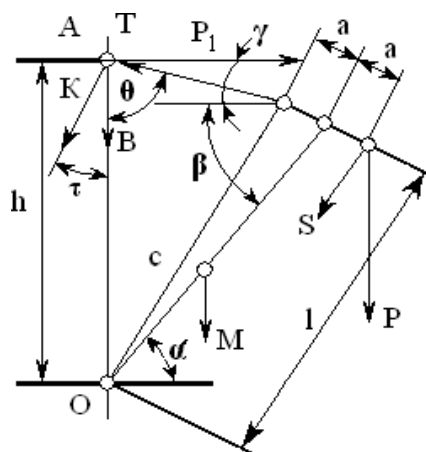


Рис. 4 – Расчетная схема мачты

Если от стрелы на элементы здания передаются усилия такой величины, которые являются недопустимыми для данного здания, то устанавливается специальная мачта, на которую передаются усилия T и S .

2.3.1 Определяем усилие, приложенное к головке мачты по формуле:

$$P_1 = \frac{T}{\cos \theta}.$$

2.3.2 Усилия, передаваемые на пята мачты в горизонтальном направлении, равны:

$$A = S \cdot \cos \theta.$$

2.3.3 Определяем натяжение расчалки по формуле:

$$K = \frac{P_1 \sin \theta}{\sin \tau}.$$

2.3.4 Вертикальное усилие определится по зависимости

$$B = P_1 \cdot \cos \theta + K \cdot \cos \tau.$$

2.3.5 Изгибающий момент от вне центрального приложения нагрузки к головке мачты равен:

$$M_1 = P_1 \cdot l \cdot \cos \theta.$$

2.3.6. Суммарное напряжение в мачте определяется по формуле

$$\sigma_p = \frac{B}{F \cdot \varphi} + \frac{M_1}{W}$$

2.3.7. По натяжению К подбираем диаметр расчалки:

$$d = \sqrt{\frac{K}{1000}}, \text{ см.}$$

2.3.8 Сравниваем σ_p с $[\sigma]$:

$$\sigma_p \leq [\sigma] = 125 \text{ МПа.}$$

Индивидуальные задания для практической работы

Произвести расчет стрелы в соответствии с расчетной схемой (см. рисунок 3).

Таблица 8

№ п/п	Масса груза Q, кг	Углы в расчетных схемах, град					Длина трубы l, м	Коэффициент K	Плечов полиспасте, см
		α	β	θ	τ	γ			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1000	30	40	80	40	10		1.5	10
2	1500	30	40	80	60	10		1,4	15
3	2000	40	55	75	45	15		1,5	10
4	1000	40	60	70	60	20		1.4	15
5	3000	50	65	75	45	15		1,5	15

№ п/п	Масса груза Q, кг	Углы в расчетных схемах, град					Длина трубы l, м	Коэффициент K	Плечов полиспасте, см
		α	β	θ	τ	γ			
6	2000	50	70	70	60	20		1,4	10
7	2500	60	70	80	40	10		1,5	10
8	1000	60	70	80	40	10		1,5	10
9	1000	70	80	80	40	10		1,4	15
10	1500	70	80	80	40	10		1,5	10
11	1000	70	80	80	40	10		1,5	10
12	2000	70	80	80	40	10		1,5	15
13	2500	40	50	80	40	10		1,5	15
14	1000	50	65	75	65	15		1,5	10
15	2000	60	70	80	40	10		1,4	10

Число ниток в полиспасте подъема груза $n = 4 \dots 6$.

Грузоподъемность лебедки определяется по эмпирической зависимости

$$\Gamma_r = \frac{T}{n}.$$

Трос подбирается из условия $\frac{T}{n}$. М определяется по формуле $M = l \cdot \mu$, причем l и μ берутся из таблиц 9 и 10.

Таблица 9 – Расчетные данные для стальных стрел из труб без усиления

Размеры трубы, мм		F, см ²	W, см ²	μ , кг/м	Коэффициент φ при длине, м				
d_n	δ				8	10	14	18	20
159	4,5	21,8	82,5	17,15	0,23	0,23	-	-	-
219	7	47,1	242	36,6	0,52	0,37	0,21	-	-
273	8	67,9	430	59,3	0,64	0,51	0,4	0,2	-
325	8	79,9	613	62,5	0,73	0,63	0,43	0,28	0,24
377	8	92,5	830	72,8	-	0,70	0,52	0,36	0,3

Здесь d_n – наружный диаметр трубы; δ – толщина стенки; μ – масса 1 п.м трубы; φ – коэффициент, учитывающий продольный изгиб.

Таблица 10 – Расчетные данные для стальных стрел, усиленных приваркой четырех уголков $100 \times 100 \times 10$

Размеры трубы, мм		F, см ²	W, см ²	μ , кг/м	Коэффициент φ при длине, м				
d_n	δ				8	10	14	18	20
159	4,5	98,6	373	17,6	0,32	-	-	-	-
219	7	123,9	557	96,5	0,48	0,28	-	-	-
273	8	144,7	800	114	0,59	0,38	0,25	0,21	-
325	8	156,5	1050	123	0,68	0,49	0,33	0,28	0,23
377	8	169,3	1350	133	0,47	0,58	0,42	0,35	0,26

Контрольные вопросы:

1. С какой точностью определяется масса груза при выполнении такелажных работ?
2. Способы определения массы перемещаемого груза.
3. В каких случаях в расчетных схемах применяют мачты?
4. Выигрыш в силе при применении полиспастов.

Практическое задание № 4 Составление схемы разборки и дефектации узла

Цель работы: формирование умений и навыков разборки узла и дефектации узла.

Задание: произвести разборку узла, дефектацию его деталей и дать заключение о состоянии предложенного узла.

1. Краткие теоретические сведения

Технологический процесс разборки определяется видом ремонта (текущий, средний, капитальный) и конструкцией механизма. Каждому виду ремонта соответствует определенный объем разборочных работ.

В большинстве случаев разборку следует начинать со снятия ограждения, крышек, закрывающих доступ к разбираемым узлам. Затем снимаются цепные и ременные передачи, расчленяются машины на узлы, демонтируются отдельные детали, связанные или крепящие узлы. Узлы снимаются по возможности нерасчлененными, так как их можно разобрать на отдельном рабочем месте. После этого отвинчивают болты, шпильки, гайки, распрессовывают штифты, удаляют шплинты. В первую очередь следует снимать контрольные штифты и шпильки, определяющие первоначальную точность основной детали узла.

Для разборки и сборки редуктора и его узлов необходимо применять специальные инструменты и приспособления.

Перед разборкой редуктора необходимо обеспечить:

- место для укладки деталей;
- измерительный и рабочий инструмент;
- расходный и притирочный материал;
- замерить необходимые зазоры. При разборке редуктора следует:
- проверить и при необходимости восстановить маркировку деталей;

- снятые узлы и детали тщательно очистить и осмотреть с целью выявления износа, трещин, задиров, следов коррозии и других дефектов.

Для контроля состояния узлов и деталей применяют лупу, мелокеросиновую пробу, дефектоскопию.

При сборке зубчатых колес необходимо обеспечить нормальные боковой и радиальный зазоры для предотвращения заклинивания зубьев вследствие нагрева передачи и правильное зацепление зубьев. Сборку зубчатых передач начинают с проверки взаимного положения валов и осей передачи. Соосность посадочных мест под подшипники валов проверяют линейкой с уровнем (рисунок 5), параллельность валов (межцентровое расстояние) штихмасом.

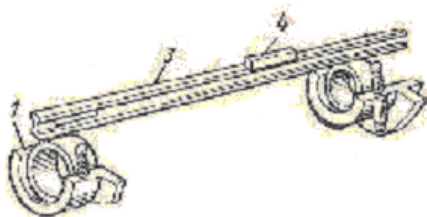


Рис. 5 – Линейка с уровнем

Посадку зубчатых колес на вал производят с небольшим натягом, торцовое биение должно быть в пределах 0,1-0,15 мм. Радиальный и боковой зазоры проверяют с помощью щупа или свинцовой проволоки (рисунок 6).



Рис. 6 – Проверка радиального и бокового зазоров с помощью проволоки

Заканчивают проверку зубчатого зацепления осмотром отпечатков краски в местах контакта зубьев.

Не допускается перекоса и перенапряжения деталей.

Порядок выполнения практической работы

1. Установить редуктор на рабочее место.
2. Разобрать редуктор, замерив толщину прокладок под крышкой и величину запаса на регулировку осевого зазора в конических подшипниках.
3. Произвести подетальную дефектацию, результаты отразить в таблице 11.
11. Собрать редуктор, произведя проверку зубчатого зацепления.

Содержание отчета

1. Наименование, цель работы и применяемое оборудование.

2. Описание редуктора.
3. Результаты измерений занести в таблицу 11.

Таблица 11 – Дефектная ведомость на капитальный ремонт редуктора

Наименование узла, детали	Кол-во деталей	Действительный размер	Описание дефекта	Наименование работ при ремонте	Примечание
1	2	3	4	5	6

4. Дать заключение о состоянии редуктора.

Контрольные вопросы:

1. В каком случае производится выбраковка деталей?
2. Перечислить отличие объема работ по разборке узла при различных видах ремонта.
3. Основные параметры, характеризующие качество сборки узлов.
4. Назовите причины износа деталей узла и способы его уменьшения.

Практическое задание № 5 Центровка валов по изломам и смещениям

Цель работы: формирование умений и навыков освоения методов центровки валов

Задание: изучить существующие методы центровки валов. Произвести замеры расцентровки валов при помощи линейки и щупа и при помощи пары стрел.

1. Краткие теоретические сведения

Совпадение осей двух машин или осей двух и более узлов одной машины, а также совпадение осей двух или нескольких деталей одной машины или узла называется *соосностью*.

Вследствие ошибок и неточностей монтажа наблюдаются отклонения от соосности. Оси могут пересекаться под некоторым углом или смещаться параллельно относительно друг друга на некоторую величину. В большинстве случаев наблюдаются оба вида смещения.

В повседневной практической работе механикам часто приходится сталкиваться с центровкой валов. Спаривание механизмов, проверка положения линии вала, а в некоторых случаях и его центровка, делают необходимыми применение простейших способов центровки. Технические условия на сборку муфт приведены в таблице 12.

Перед началом работ по центровке электродвигателя или редуктора с валом машины проверяют плотность прилегания опорных частей станины машины к основанию строительной конструкции (рамы) при незатянутых

болтах, а также контролируют горизонтальность ведомого вала машины и вала электродвигателя (редуктора), которые будут соединены посредством муфты.

Таблица 12 – Допуски на сборку муфт (в мм)

Диаметр муфты, мм	Излом, i , на 100 мм длины	Смещение, e , мм
100 – 300	0,08	0,1
300 – 500	0,12	0,2

Под смещением понимается отклонение в радиальном направлении оси одного вала относительно оси другого в вертикальной или горизонтальной плоскости (рисунок 7).

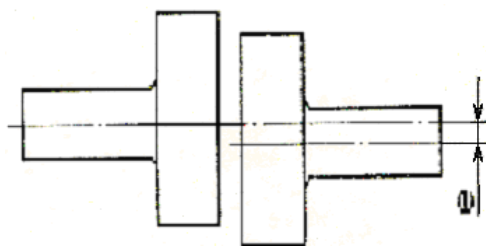


Рис. 7 – Смещение вала

Под изломом понимается отклонение от параллельности осевых линий валов (рисунок 8). Излом измеряется в миллиметрах на метр длины вала.

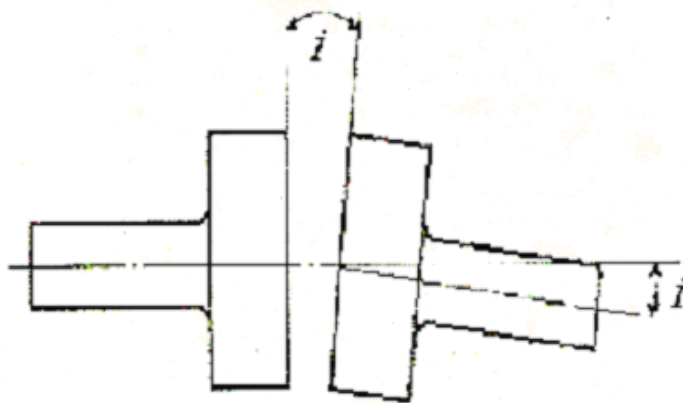


Рис. 8 – Излом вала

Центровку полумуфт выполняют с помощью угольников, линейки и щупа и с помощью стрелок.

При определении смещения с помощью линейки и щупа точность получается меньшей, чем при измерении с помощью стрелок, особенно при небольших диаметрах фланцев, однако на практике такая точность измерений достаточна, и благодаря простоте, способ широко применим. Кроме того, им можно определить биение торцовых поверхностей.

При способе измерения смещений парой стрелок имеются свои преимущества: это большая точность определения излома за счет увеличения расстояний между точками измерений, так как диаметр фланца заведомо меньше диаметра разноса парных стрелок, кроме того, на точность измерения не влияет состояние поверхностей фланцев и точность их изготовления. К недостаткам следует отнести невозможность проверки биения торцовых поверхностей соединяемых фланцев и малая производительность.

Зазоры проверяют в каждом из четырех положений вала, поворачиваемого от начального положения на 90, 180 и 270° по направлению вращения вала машины. В каждом положении проводят по одному замеру радиального зазора (по окружности полумуфт) и четыре замера осевого зазора (между торцовыми поверхностями полумуфт) в диаметрально противоположных точках (рис. 9). Сумма величин зазоров на каждом диаметрально противоположном направлении должны быть равны:

$$a_в + a_н = a_n + a_л \quad b_в + b_н = b_л + b_n,$$

где $a_в, a_н, a_n, a_л$ – радиальные зазоры, мм; $b_в; b_н; b_л; b_n$ – осевые зазоры, мм.



Рис. 9 – Замер радиального зазора

При центровке валов с допущенной несоосностью при сборке (состоящих из трубовалов и шнеков) следует также определить величины необходимых перемещений опор валов в вертикальной и горизонтальной плоскостях.

При повороте валов на 0, 90, 180 и 270° (рисунок 9) измеряют радиальные и осевые зазоры, вычисленные средние значения из четырех измерений записывают в таблицу.

2. Порядок выполнения работы

1. Определение смещений и изломов при помощи линейки и щупа.

Схема замера

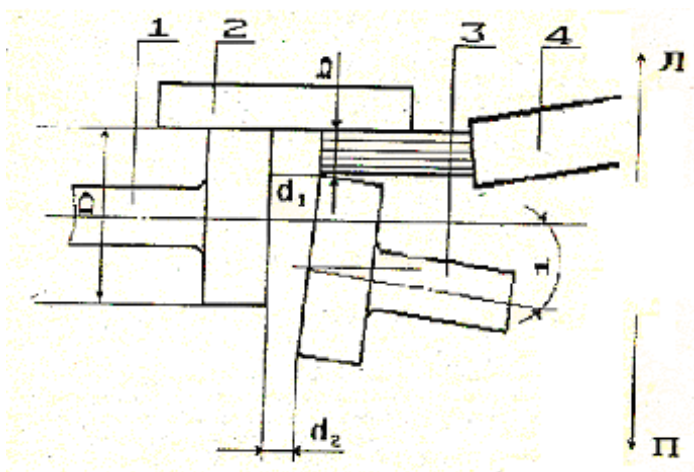


Рис. 10 – Схема замера

2. Измерить диаметры соединяемых фланцев.
3. Наложить линейку на выдающийся фланец в верхней точке и щупом измерить зазор b_v .
4. Наложить линейку в нижней точке и определить b_n .
5. Определить зазоры в правой и левой точках b_{np} и $b_{л}$.
6. Щупом измерить зазор между фланцами в четырех точках: d_v , d_n , d_l и d_p .
7. Повторить все измерения.
8. Вычислить средние значения зазоров из четырех измерений
Данные замеров занести в таблицу 13.

Таблица 13 – Данные замеров

Место замера	Величина зазора				Среднее значение зазора, $b_{i\text{ ср}}$
	1-е положение	2-е положение	3-е положение	4-е положение	
Верх					
Низ					
Лево					
Право					

9. Определить смещение вала в вертикальной и горизонтальной плоскости.

Смещение вала в вертикальной плоскости:

$$e_{\text{верт}} = \frac{b_{\text{верх}} - b_{\text{низ}}}{2}.$$

Смещение вала в горизонтальной плоскости:

$$e_{\text{гориз}} = \frac{b_{\text{п}} - b_{\text{л}}}{2}.$$

10. Определить изломы осей валов. Излом в вертикальной плоскости:

$$i_{\text{верт}} = \frac{d_{\text{в}} - d_{\text{н}}}{D}, \text{ мм/м.}$$

Излом в горизонтальной плоскости:

$$i_{\text{гориз}} = \frac{d_{\text{п}} - d_{\text{л}}}{D}, \text{ мм/м.}$$

11. Определение смещений и изломов при помощи стрелок.

Привернуть на каждое соединение две пары стрелок (рисунок 11).

Совместить маркировочные метки на фланцах и установить стрелки в вертикальной плоскости.

Произвести измерение зазоров на первой и второй парах стрелок (рисунок 11).

Совместно провернуть валы на 180° и повторить измерения.

Данные измерений занести в таблицу 14.

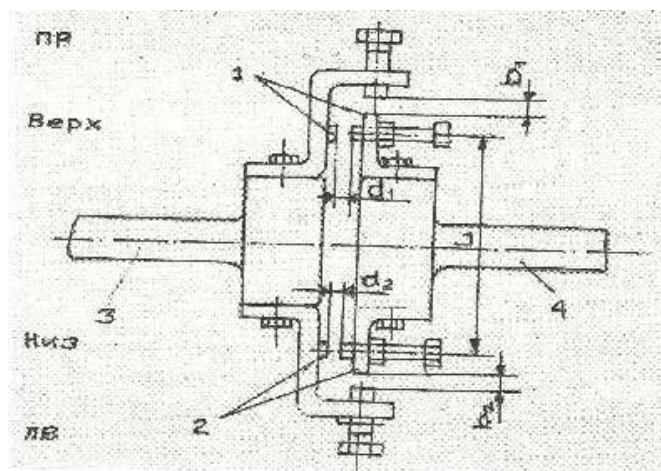


Рис 11. Определение смещений и изломов при помощи стрелок:
1 – первая пара стрелок; 2 – вторая пара стрелок; 3 – первый вал;
4 – второй вал

Таблица 14 – Данные измерений

Место замера	Зазоры у стрел		Сумма зазоров	Разность сумм зазоров
	№ 1	№ 2		
Верх				
Низ				
Право				
Лево				

12. Рассчитать смещение по формулам:

$$e_{\text{верт}} = \frac{\sum b_{\text{верх}} - \sum b_{\text{низ}}}{4}, \text{ мм},$$

$$e_{\text{гориз}} = \frac{\sum b_{\text{лев}} - \sum b_{\text{пр}}}{4}, \text{ мм},$$

где $\sum b_{\text{верх}}$ и $\sum b_{\text{низ}}$ – сумма зазоров на первой и второй парах стрелок в их верхнем и нижнем положении соответственно; $\sum b_{\text{лев}} - \sum b_{\text{пр}}$ – сумма зазоров на первой и второй парах стрелок в положении слева и справа соответственно, если смотреть со стороны вала машины.

13. Рассчитать излом валов:

$$i_{\text{верт}} = \frac{\sum b_{\text{верх}} - \sum b_{\text{низ}}}{2L}, \text{ мм},$$

$$i_{\text{гориз}} = \frac{\sum b_{\text{лев}} - \sum b_{\text{пр}}}{2L}, \text{ мм},$$

где $\sum b_{\text{верх}}$ и $\sum b_{\text{низ}}$ – сумма зазоров на первой и второй паре стрелок в верхнем и нижнем положении в начальном положении валов и после совместного поворота валов на 180° ; $\sum b_{\text{лев}} - \sum b_{\text{пр}}$ – сумма радиальных зазоров на первой и второй паре стрелок в верхнем и нижнем положении в начальном положении валов и после совместного поворота валов на 180° ; L – диаметр разноса парных стрелок, мм.

14. Определение биения торцовых поверхностей.

Для определения биения торцовых поверхностей необходимо один вал повернуть относительно другого на 180° и измерить зазоры между фланцами валов в диаметрально противоположных точках. Сравнение зазоров укажет на наличие торцового биения фланца. Оно будет равно половине разности. Биение будет на том фланце, при вращении которого изменяются результаты замеров.

Содержание отчета по практической работе

1. Наименование и цель работы.
2. Эскиз лабораторной установки.
3. Результаты обмеров занести в таблицу 13 и 14 и выполнить необходимые расчеты.

4. Выводы с указанием возможных причин неисправности и рекомендации по возможным методам исправления отклонения.

Контрольные вопросы:

1. Как проявляется при работе механизмов нарушение центровки (e и i больше нормы)?
2. Перечислить основные достоинства и недостатки центровки валов с помощью шупа и линейки.
3. Перечислить основные достоинства и недостатки центровки валов с помощью пары стрелок.
4. Перечислить основные измерения, которые должны быть выполнены при монтаже валов.

Практическое задание № 6 Расшифровка цилиндрических зубчатых колес

Цель работы: формирование умений и навыков расшифровки пары зубчатых колес на основании натуральных обмеров и геометрического расчета.

Задание: произвести натуральный обмер зубчатого колеса, определить систему зацепления и основные параметры зубчатого колеса.

1. Краткие теоретические сведения

Зубчатые передачи широко применяют в технологическом и подъемно-транспортном оборудовании, различного рода машинах, устройствах, приборах и т.д. Причем, при ремонте зубчатых передач нередко приходится сталкиваться с необходимостью изготовления только одного из колес пары.

Для этого необходимо в первую очередь определить систему зацепления и основные параметры зубчатых колес, а именно: модуль зацепления m , угол профиля исходного контура α , высотные пропорции зубьев h_a^* – коэффициент высоты зуба, c^* – коэффициент радиального зазора) и коэффициент смещения χ , а для косозубых и шевронных колес – кроме того, угол наклона линии зуба (по делительному цилиндру) β .

Под исходным контуром цилиндрических зубчатых колес понимается контур зубьев номинальной исходной зубчатой рейки в сечении плоскостью, перпендикулярной ее делительной плоскости. Различают торцовый, осевой или нормальный исходные контуры (соответственно в торцовом, осевом или нормальном сечениях рейки). Обычно стандартным является нормальный исходный контур.

Параметры исходного контура определяются модулем m , углом профиля зуба α , коэффициентом высоты головки зуба h_a^* радиального зазора c^* и радиуса переходной кривой ρ_f^* (рисунок 12).

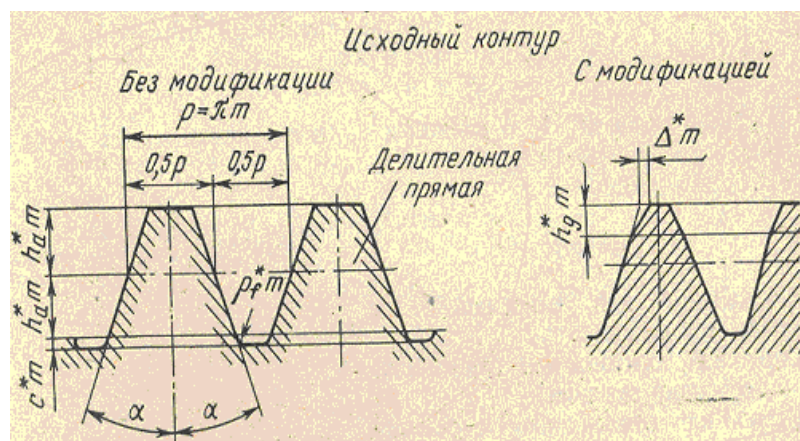


Рис. 12 – Исходный контур

Порядок выполнения работы

1. Произвести измерение межосевого расстояния (см. рисунок 12):

$$a_{\omega M} = X + 0,5(D_1 + D_2) = Y - 0,5(D_1 + D_2).$$

2. С точностью до 0,02 мм измерить осевой шаг P_{xm}

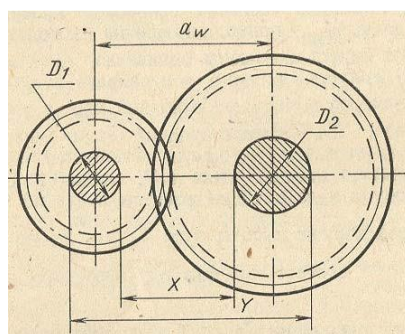


Рис. 13 – Измерение осевого шага

3. Натурными обмерами определить:

- число зубьев z ;
- диаметр вершин зубьев d_{am} ;
- диаметр впадин d_{fm} ;
- высоту зуба по формуле: $h_m = \pm (d_{am} - d_{fm})$.

4. Замерить щупом боковой зазор в передаче j_{nm} и оценить его долю λj_{nm} , приходящуюся на измеряемое колесо: если оба сопряженных колеса изношены одинаково, то $\lambda=0,5$; если измеряемое колесо изношено больше, чем сопрягаемое, то $\lambda = 0,8 - 0,9$ (рисунок 14).

5. Приблизленно определить угол наклона линии зуба на делительном цилиндре β_m . Вычислить условное число зубьев $z_k = zK$, приняв значение коэффициента K по таблице 1 Приложения Б.

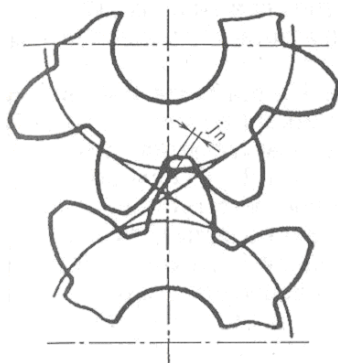


Рис.14 – Определение бокового зазора в передаче

6. Определить длину общей нормали W_m при охвате z_n зубьев и W' при охвате $(z_n - 1)$ зубьев с точностью до 0,02 мм. В случае, когда необходимо определить систему зацепления и угол α неизвестен, необходимо по известному числу зубьев z_k определить z_n при $\alpha = 14^\circ 30'$ и при $\alpha = 20^\circ$ и принять то значение из них, при котором обе губки штангенциркуля будут касательны к эвольвентным участкам зуба (рисунок 15).

7. По данным измерений определить основной нормальный шаг:

$$P_{bnm} = W_m - W_m''$$

и по таблице 2, Приложения Б определяют модуль m и угол профиля α .

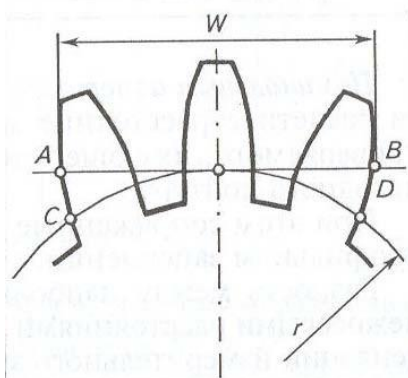


Рис. 15 – Определение длины общей нормали зубчатого колеса

8. Определить коэффициент высоты зуба по найденному значению модуля:

$$h_m^* = \frac{h_m}{m}$$

9. Подставляя в формулы найденные стандартные значения модуля и коэффициентов, определяют:

- угол наклона линии зуба $\sin \beta = \frac{\pi m}{P_{\text{хм}}}$;
- делительный диаметр $d = \frac{zm}{\cos \beta}$;
- высота головки зуба $h_a = h_a^* m$;
- высота ножки зуба $h_f = (h_a^* + c^*) m$;
- диаметр вершин зубьев $d_a = d + 2h_a$;
- диаметр впадин $d_f = d - 2h_f$.

Если полученные значения близки к замеренным, т.е. $d_f \approx d_{fm}$ и $d_a \approx d_{am}$, то колесо нарезано без смещения.

10. Установить наличие и характер смещения можно, сравнив измеренное значение межосевого расстояния с расчетным: $a_{\omega m} = d_2 + d_1$.

Если величины равны, то передача без смещения или равно-смещенная, если $a_{\omega m} \neq d_2 + d_1$, то передача со смещением.

Содержание отчета по практической работе

1. Наименование, цель работы, применяемое оборудование.
2. Описание редуктора.
3. Результаты измерений и вычислений занести в таблицу 15.
4. Сделать выводы.

Таблица 15 – Результаты измерений и вычислений

№ п/п	Параметр	Обозначение	Результаты натуральных обмеров	Расчетные значения параметров
1	Межосевое расстояние	a_w		
2	Осевой шаг	P_x		
3	Число зубьев	z		
	– колеса			
	– шестерни			
4	Диаметр вершин зубов	d_a		
	– колеса			
	– шестерни			
5	Диаметр впадин	d_f		
	– колеса			
	– шестерни			
6	Высота зуба	h_m		
7	Угол наклона линии зуба	β		
8	Основной нормальный шаг	P_{bn}		
9	Модуль	m		
10	Угол профиля	x		

Контрольные вопросы:

1. Какие параметры зубчатого колеса можно определить натурными обмерами?
2. Смещение инструмента при нарезании зубчатых колес?
3. Основные требования при монтаже конических передач.
4. Основные требования при монтаже зубчатых передач.

Практическое задание № 7 Обмер и определение износа деталей

Цель работы: формирование умений и навыков проверки геометрии деталей цилиндро-поршневой группы.

Задание: произвести замеры и сравнить полученные данные с предельно допустимыми. Дать заключение о годности деталей.

Краткие теоретические сведения

Поршневая группа деталей входит в состав механизмов преобразования вращательного движения в поступательное. К основным деталям поршневой группы (рисунок 16) относится цилиндр, состоящий из так называемой рубашки 1 и внутренней втулки или гильзы 2, и поршень 3 с поршневыми кольцами 4. Поршень соединен с шатуном 5 посредством поршневого пальца 8, второй конец шатуна имеет вкладыш 7, который соединяет шатун с коленчатым валом 6.

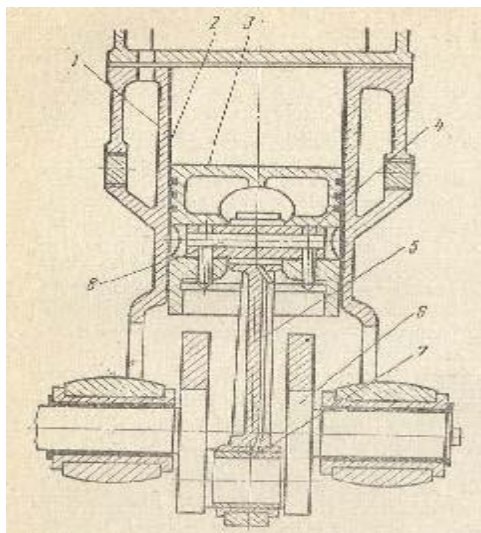


Рис. 16 – Поршневая группа деталей

В процессе эксплуатации вследствие износа увеличивается зазор между стенками цилиндра и поршня; поверхность цилиндра приобретает нецилиндричность и некруглость, на стенках цилиндра образуются задиры. Поршневые кольца становятся менее упругими, увеличивается зазор в замках, т.е. в местах, где находится стык концов. В результате всего в полости цилиндра

уменьшается компрессия, т.е. степень сжатия газов, так как газы просачиваются между стенками поршня и цилиндра. Из-за износа нарушается посадка поршневого пальца в бобышках поршня и головке шатуна и посадка головки шатуна на шейке вала, что влечет за собой возникновение стука в сопряжениях.

Ремонт деталей поршневых и кривошипно-шатунных механизмов часто обходится дороже, чем изготовление новых. Поэтому в каждом конкретном случае судят о целесообразности и методе ремонта. Наибольший эффект достигается заменой изношенных деталей новыми запасными частями. При этом снижается время простоя машины из-за ремонта, снижается трудоемкость и повышается качество ремонта.

При ремонте деталей поршневой группы необходимо строго выдерживать технические требования на ремонт.

Ремонт цилиндров

Изношенные цилиндры, входящие в механизмы преобразования движения, принято ремонтировать по системам ремонтных размеров.

Под ремонтным размером понимают тот диаметр цилиндра, до которого при ремонте снимают дефектный слой металла с его рабочей поверхности. К полученному ремонтному размеру цилиндра подгоняют размеры сопряженной детали.

Система ремонтных размеров дает возможность восстанавливать правильную геометрическую форму изношенных поверхностей и обрабатывать их с необходимой шероховатостью.

Ремонтные размеры цилиндров, как правило, устанавливаются заводами-изготовителями. Эти размеры идут с градацией $0,5-1,0$ мм в зависимости от диаметра цилиндра. Последний ремонтный размер должен быть таким, чтобы цилиндр был достаточно прочным (выполняется прочностной расчет).

Цилиндры, износ которых вышел за пределы последнего ремонтного размера, в отдельных случаях можно восстановить растачиванием и последующей запрессовкой гильзы. Гильзу запрессовывают в расточенный корпус с натягом, затем обрабатывают ее отверстие до номинального отверстия цилиндра.

Если в цилиндре уже имеется гильза, и она изношена, то ее растачивают до ближайшего ремонтного размера на расточном или токарном станке.

Восстановление рабочей поверхности цилиндров по системе ремонтных размеров имеет существенные достоинства: многократно используется корпус цилиндра (или блок цилиндров), что очень ценно, так как изготовление нового цилиндра обходится дорого и требует больших трудовых затрат, а во многих случаях не доступно ремонтному хозяйству завода; изношенный цилиндр можно заменить запасным с надлежащими ремонтными размерами, полученными от завода-изготовителя, и этим значительно ускорить ремонт.

Отремонтированные цилиндры должны удовлетворять следующим требованиям: разница в диаметре цилиндра на длине 1000 мм не должна превышать 0,03 мм; отклонение оси цилиндра от прямолинейности на длине 500 мм не должно превышать 0,08 мм; отклонение от круглости цилиндра не должна быть выше 0,02 мм.

Ремонт поршней

В процессе работы у поршней появляются следующие виды износов: увеличение размеров и искажение формы поршневых канавок, отверстий в бобышках для поршневого пальца, появление трещин и задиров на рабочих поверхностях, износ боковой поверхности.

Все виды износа поршней выявляют осмотром и обмером точными измерительными инструментами. Поршни без трещин и с незначительными износами, не превышающими предельные, не ремонтируют, на них зачищают риски, снимают заусеницы и после промывки их снова используют. Поршни, имеющие трещины и значительный износ канавок для колец, заменяют новыми.

При ремонте поршней изношенные поршневые канавки протачивают на токарном станке под кольца увеличенного ремонтного размера. После проточки канавки должны иметь чистую поверхность, стенки канавок должны быть строго параллельны между собой. Биение торцов канавок под кольца допускается не более 0,04–0,05 мм, радиальные риски и другие дефекты не допускаются. Протачивать поршневые канавки можно только один раз. Это ограничение диктуется уменьшением толщины перемычки между канавками.

Изношенные отверстия под поршневой палец вызывают в машине стук. Их ремонтируют развертыванием или тонкой расточкой под увеличенный размер пальца. Расточку бобышек для пальца делают на токарном станке с помощью специального приспособления или на расточном станке, обрабатывая одновременно оба отверстия, обеспечивая их соосность.

Отремонтированный поршень должен удовлетворять следующим техническим условиям: овальность и конусность направляющей части поршня не должна превышать 0,001 диаметра цилиндра; овальность отверстий под поршневой палец не должна превышать 0,01–0,02 мм для крупных двигателей и 0,003 мм для средних и мелких; неперпендикулярность оси отверстия под поршневой палец к вертикальной оси поршня допускается не более 0,02 мм на 100 мм длины.

Ремонт поршневых пальцев

Поршневой палец изготавливается либо сплошным, либо полым, с постоянным или переменным диаметром расточки. Установка пальца в бобышках поршня может быть жесткой или свободной. Перемещение плавающего пальца ограничивается разжимными кольцами или вставками из

бронзы и легкого сплава. При свободной установке, благодаря вращению, палец изнашивается равномернее, уменьшается трение и устраняется деформация тронка, которая имеет место при запрессовке пальца в бобышках поршня.

Разность показаний твердости пальца в различных местах не должна превышать 5НВ. Для контроля, за состоянием поршневого пальца, кроме наружного осмотра, производят замеры в трех сечениях (по концам и в средней части) в двух взаимно перпендикулярных направлениях (по оси цилиндра и перпендикулярно ей).

У поршневых пальцев изнашивается наружная поверхность, сопрягаемая со втулкой шатуна и бобышкой поршня.

При ремонте изношенные пальцы часто заменяют новыми, поскольку трудоемкость их изготовления невелика, и пригоняют по восстановленным отверстиям в поршне и втулке шатуна. Иногда пальцы хромируют по наружному диаметру с тем, чтобы они соответствовали увеличенному размеру. Если поршень заменен новым, исходят из того, что его отверстие под поршневой палец имеет номинальный размер.

Порядок выполнения работы

1. Обмер и дефектация втулки цилиндра.

2. Произвести наружный осмотр втулки:

а) наработки в верхней части зеркала втулки не допускаются

б) не допускаются трещины и рыхлоты на поверхности втулки; на рабочем зеркале втулки могут иметь место отдельные задиры глубиной и шириной не более 0,5 мм;

в) на внешней поверхности втулок допускаются коррозионные раковины, размеры которых не регламентируются, но втулки в этом случае должны подвергаться гидравлическому испытанию. Не допускаются сквозные раковины.

3. Произвести замеры втулки в соответствии со схемой замера (рисунок 17). Результаты замеров и результаты вычислений привести в таблице 16.

4. Сравнить полученные значения отклонения от цилиндричности и отклонения от круглости с допускаемыми (таблица 3 Приложения Б).

5. Обмер и дефектация поршня:

а) Произвести замеры втулки в соответствии со схемой замера на рисунке

18. Результаты замеров и результаты вычислений занести в таблицу 17.

Таблица 16 – Результаты замеров и вычислений

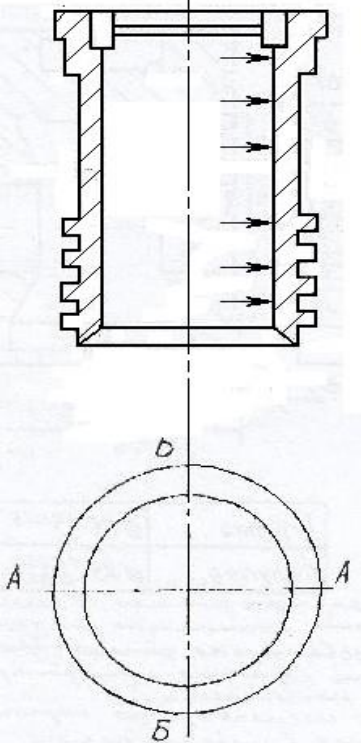
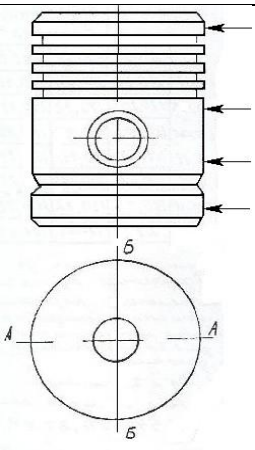
 Рис. 17 – Схема замера		Внутренний диаметр		
	<i>Дср.</i>	в пл. АА	в пл. ББ	○
	<i>б/</i>			

Таблица 17 – Результаты замеров и вычислений

 Рис. 18 – Схема замера		Размеры		
	<i>Ср.</i>	в пл. АА	в пл. ББ	○
	<i>б/</i>			

б) Сравнить полученные значения отклонения от цилиндричности и отклонения от круглости с допускаемыми (таблица 4 Приложения Б).

6. Обмер и дефектация поршневого пальца.

а) Произвести обмер поршневого пальца в соответствии со схемой замера (рисунок 19). Результаты измерений и вычислений занести в таблицу 18.

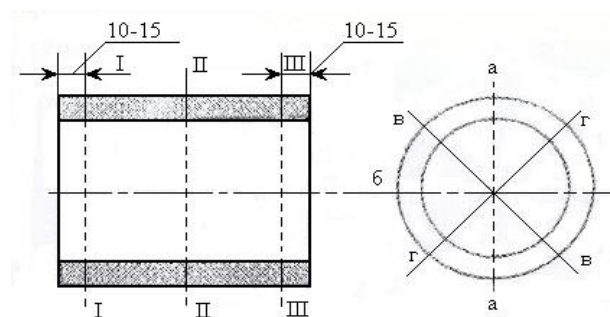


Рис. 19 – Схема замера

Таблица 18 – Результаты замеров и вычислений

Наименование поверхности					
Результат измерений					
Номер сечения	А	Б	В	Г	Действительное отклонение от круглости
I – I					
II – II					
III – III					
Действительное отклонение профиля продольного сечения $\Delta = g$					

б) Сравнить полученные значения отклонения от цилиндричности и отклонения от круглости с допускаемыми (таблица 5 Приложения Б).

Содержание отчета по практической работе

1. Наименование и цель работы.
2. Эскиз детали и схема замера.
3. Результаты обмеров и необходимые расчеты.
4. Выводы с указанием возможных причин неисправностей и рекомендации по возможным методам исправления дефекта (отклонения)

Контрольные вопросы:

1. Назовите основные методы восстановления сопряжений.
2. Основные достоинства и недостатки метода ремонтных размеров.
3. Назовите характерные причины искажения геометрии поршня.
4. Назовите характерные причины искажения геометрии цилиндрических втулок.
5. Основные методы исправления поршней в процессе ремонта.

Практическое задание № 8 Определение ремонтных размеров детали

Цель работы: формирование умений и навыков по проведению расчетов при определении ремонтных размеров детали

Задание: рассчитать ряд ремонтных размеров детали

Краткие теоретические сведения

При восстановлении деталей механическим способом применяется способ ремонтных размеров.

Сущность способа заключается в том, что изношенную поверхность одной из двух сопряженных деталей обрабатывают на новый, так называемый ремонтный размер, а другую заменяют на деталь соответствующего ремонтного размера.

При определении ремонтных размеров учитывают прочность обрабатываемых детали и необходимость соблюдения определенных зазоров в сопряжении. Восстановлению на ремонтный размер, как правило, подвергают ту деталь сопряжения, которая является более металлоемкой и дорогой.

Восстановление по способу ремонтных размеров осуществляют снятием с изношенной поверхности слоя металла определенной толщины с учетом припуска на шлифование. Зная действительный размер изношенного вала и допустимый размер отклонения, рассчитывают величину ремонтного размера детали с учетом прочностных характеристик.

Схема для определения ремонтного размера вала представлена на рис. 20:

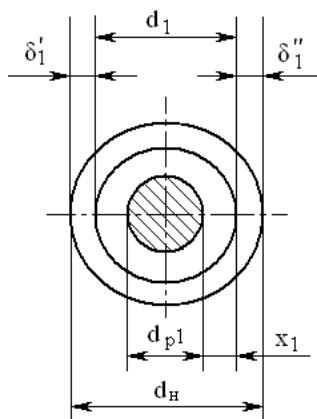


Рис. 20 – Схема для определения ремонтного размера вала:

d_H – номинальный диаметр вала; d_1 – действительный размер вала; d_{p1} – первый ремонтный размер; δ_1' – минимальный износ вала; δ_1'' – максимальный износ вала; x_1 – припуск на обработку

В процессе ремонта вал обрабатывается до первого ремонтного размера d_{p1} с учетом припуска x_1 на заключительную обработку.

Измерить величину σ_1'' затруднительно, поэтому определяют диаметр изношенного вала и рассчитывают общий износ поверхности по формуле:

$$\sigma_1 = \sigma_1' + \sigma_1'' = d_{\text{ном}} - d_1.$$

При расчете вводится коэффициент неравномерности износа ρ , который определяется по аналитической зависимости:

$$\rho = \frac{\sigma_1'}{\sigma_1' + \sigma_1''} = \frac{\sigma_1'}{\sigma_1}$$

откуда определяем $\sigma_1'' = \rho \cdot \sigma_1$.

Если износ поверхности вала равномерный, то $\rho = 0,5$; если неравномерный, то ρ стремится к единице и при одностороннем износе равен 1.

Коэффициент ρ и износ σ_1 определяют аналитическим способом путем обработки фактических износов. Расчет выполняется при значениях ρ и σ_1 больших или равных величины 0,9 их фактического износа.

С учетом, вышеприведенного запишем:

$$d_p^1 = d_n - 2 \cdot (\rho \cdot \sigma_1 + x_1) = d_n - K$$

где K – ремонтный интервал детали.

Для определения числа ремонтных размеров вала необходимо знать величину минимально допустимого размера детали $d_{\min}$.

Тогда величина n – число ремонтных размеров определяется по формуле:

$$n = \frac{d_n - d_{\min}}{K}$$

при условии, что структура ремонтных циклов детали не изменяется в процессе эксплуатации.

Порядок выполнения практической работы

Дано: d_n – номинальный диаметр вала;

x_1 – припуск на обработку;

Δy – максимально допустимое уменьшение d_n ;

ρ – коэффициент неравномерности износа.

Рассчитать ряд ремонтных размеров вала и построить графическую зависимость $n = f(d_d)$.

Замерить действительный диаметр вала d_d в трех сечениях. Из трех полученных значений выбирается минимальное (указанный параметр может быть задан преподавателем).

$$d_d = \min\{d_3^1; d_3^2; d_3^3\}.$$

Определить величину износа детали по формуле:

$$\sigma_1 = d_n - d_d^{\min} = \sigma_1' + \sigma_1''.$$

Рассчитываем величину ремонтного интервала детали:

$$K = 2 \cdot (\rho \cdot \sigma_1 + x_1) = 2[\rho(d_n - d_d^{min}) + x_1].$$

Находим максимально допустимое уменьшение диаметра детали. По условию прочности снижения запаса прочности не должно превышать 1...5 %.

Принимаем $\Delta y = 0,05$.

Определяем минимально допустимый диаметр детали:

$$d_{min} = d_n - d_n \cdot \Delta y = d_n \cdot (1 - \Delta y).$$

Находим число ремонтных размеров детали:

$$n = \frac{d_n - d_{min}}{K}$$

в случае, если n число не целое, то округление производится в меньшую сторону.

Составляем ряд ремонтных размеров детали по формуле:

$$d_p^1 = d_n - K;$$

$$d_p^2 = d_n - 2K;$$

$$d_p^3 = d_n - 3K;$$

$$d_p^n = d_n - n \cdot K.$$

Строим графическую зависимость $n = f(d_d)$.

Для отверстий деталей ремонтный цикл и ряд ремонтных размеров определяется аналогичным методом.

Таблица 19 – Индивидуальные задания

№ п/п	Номинальный диаметр детали, мм	Износ детали, мм	Коэффициент неравномерности износа	Припуск на обработку, мм	Допуск на уменьшение размера
1	24	0,10	0,50	0,10	0,05
2	25	0,05	0,50	0,10	0,04
3	26	0,03	0,50	0,15	0,045
4	28	0,15	0,50	0,10	0,05
5	30	0,14	0,50	0,05	0,04
6	32	0,07	0,50	0,14	0,04
7	34	0,07	0,50	0,14	0,04
8	35	0,12	0,50	0,20	0,03
9	36	0,23	0,50	0,10	0,03
10	37	0,15	0,50	0,20	0,03
11	38	0,07	0,50	0,20	0,03
12	40	0,10	0,50	0,15	0,025
13	20	0,10	0,50	0,20	0,05
14	21	0,22	0,50	0,10	0,05
15	22	0,15	0,50	0,20	0,05
16	23	0,16	0,50	0,15	0,04
17	42	0,12	0,50	0,15	0,02
18	44	0,12	0,50	0,16	0,025
19	45	0,21	0,50	0,12	0,02
20	46	0,15	0,50	0,20	0,03

Контрольные вопросы:

1. Сущность способа ремонтных размеров?
2. Назовите основные отклонения формы цилиндрических деталей.

3. Преимущества и недостатки способа ремонтных размеров.
4. Для чего необходим припуск на обработку?
5. Как восстанавливается твердость поверхностного слоя детали после применения способа ремонтных размеров?
6. Назовите основные способы восстановления сопряжения

3. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

Согласно учебному плану дисциплины «Монтаж и сервисное обслуживание технологического оборудования малых предприятий» направления подготовки 15.03.02 – Технологические машины и оборудование, студенты заочной формы обучения закрепляют изучаемый материал, самостоятельно в виде выполнения контрольной работы.

Вариант контрольной работы выдается каждому студенту преподавателем.

При выполнении контрольной работы необходимо:

– последовательно и подробно изложить ответы на поставленные задания.

Ответы на вопросы должны быть составлены своими словами, а не взяты с учебника или методических указаний. Цитаты следует брать в кавычки и указывать цитируемого автора, название книги, страницу, год издания.

Структура контрольной работы:

- титульный лист (Приложение А),
- содержание,
- ответы на вопросы по заданию.

Контрольная работа должна быть оформлена в соответствии с общими требованиями, предъявляемыми к контрольным работам:

- текст должен быть отпечатан на компьютере;
- основной текст подразделяется на озаглавленные части в соответствии с содержанием работы. Заглавия не подчеркиваются, в конце заголовка точка не ставится, переносы допускаются;
- страницы текста пронумерованы арабскими цифрами в правом верхнем углу без точек. Титульный лист считается первым и не нумеруется;
- на каждой странице оставлены поля для замечаний рецензента;

Стиль и язык изложения материала контрольной работы должны быть четкими, ясными и грамотными. Грамматические и синтаксические ошибки недопустимы. Выполненная контрольная работа представляется для регистрации на кафедру, затем поступает на рецензирование преподавателю.

Положительная оценка («зачтено») выставляется в зависимости от полноты и правильности решения задач, объема предоставленного материала в контрольной работе, а также степени его усвоения, которая выявляется при ее защите (умение использовать при ответе на вопросы научную терминологию, лингвистически и логически правильно отвечать на вопросы). Студент, получивший контрольную работу с оценкой «зачтено», знакомится с рецензией и с учетом замечаний преподавателя дорабатывает отдельные вопросы с целью углубления своих знаний.

Контрольная работа с оценкой «не зачтено» возвращается студенту с рецензией, выполняется студентом вновь и сдается вместе с не зачтенной работой на проверку преподавателю. Контрольная работа, выполненная не по своему варианту, возвращается без проверки и зачета.

Задания для контрольной работы

Задание на контрольную работу № 1

1. Подготовка плана монтажных работ.
2. Способы смазки.
3. Смешанная форма организации ремонтных работ.

Задание на контрольную работу № 2

1. Подготовка монтажных работ.
2. Основные смазочные устройства.
3. Безотказность машины.

Задание на контрольную работу № 3

1. Способы производства монтажных работ.
2. Периодичность и карта смазки.
3. Диаграмма естественного износа.

Задание на контрольную работу № 4

1. Материально-технические средства для производства монтажных работ.
2. Классификация, маркировка и область применения масел.
3. Плановые технические осмотры.

Задание на контрольную работу № 5

1. Техническая документация для производства монтажных работ.
2. Классификация, маркировка и область применения смазок.
3. Централизованная форма организации ремонтных работ.

Задание на контрольную работу № 6

1. Разметка фундаментов.
2. Оценка качества масел и смазок.
3. Общий ремонт.

Задание на контрольную работу № 7

1. Устройство фундаментов.
2. Основные показатели, характеризующие свойства масел.
3. Капитальный ремонт.

Задание на контрольную работу № 8

1. Выбор грузоподъемных средств.
2. Основные показатели, характеризующие свойства смазок.
3. Планирование ремонтов.

Задание на контрольную работу № 9

1. Установка оборудования на фундамент.
2. Виды трения.
3. Электрохимическая коррозия.

Задание на контрольную работу № 10

1. Подготовка оборудования к монтажу.
2. Наиболее применимые для рыбообрабатывающего оборудования смазки и масла.
3. Средний ремонт.

Задание на контрольную работу № 11

1. Монтаж узлов, механизмов и машин.
2. Экономически целесообразный срок службы машины.
3. Способ повышения надежности технологического оборудования.

Задание на контрольную работу № 12

1. Метод ремонтных размеров.
2. Последствия недостаточно экономически обоснованной структуры и продолжительности ремонтных циклов.
3. Подготовка ремонта.

Задание на контрольную работу № 13

1. Метод наращивания изношенного слоя.
2. Оптимальный период эксплуатации оборудования.
3. Определение надежности технологического оборудования.

Задание на контрольную работу № 14

1. Метод использования деталей-компенсаторов.
2. Примерная структура затрат на плановые и внеплановые ремонты в России и за рубежом.
3. Определение межремонтного периода.

Задание на контрольную работу № 15

1. Виды износа.
2. Оптимальная структура ремонтного цикла.
3. Порядок передачи оборудования в ремонт и приемки его из ремонта.

Задание на контрольную работу № 16

1. Химическая коррозия.
2. Методика определения структуры ремонтного цикла конкретного оборудования.
3. Материально-техническая подготовка ремонтных работ.

Задание на контрольную работу № 17

1. Продолжительность службы нормально работающего сопряжения.
2. Продолжительность межремонтного периода.
3. Децентрализованная форма организации ремонтных работ.

Задание на контрольную работу № 18

1. Планово-предупредительная система ремонта.
2. Продолжительность ремонтного цикла.
3. Вероятность безотказной работы машины.

Задание на контрольную работу № 19

1. Межремонтное техническое обслуживание.
2. Структура ремонтного цикла.
3. Факторы, влияющие на надежность технологического оборудования.

Задание на контрольную работу № 20

1. Малый ремонт.
2. Долговечность работы оборудования.
3. Последовательно-поузловой метод ремонта.

Задание на контрольную работу № 21

1. Узловой (агрегатно-узловой) метод ремонта.
2. Ремонтопригодность машины (ремонтоспособность, ремонтодоступность).
3. Методы ремонта шпоночных соединений.

Задание на контрольную работу № 22

1. Структура карты смазки.
2. Продолжительность межремонтного периода.
3. Химическая коррозия.

Задание на контрольную работу № 23

1. Виды трения.
2. Методы ремонта зубчатых передач.
3. Свойства смазочных материалов.

Задание на контрольную работу № 24

1. Факторы повышения износостойкости узлов оборудования.
2. Методы ремонта цепных передач.
3. Метод использования деталей-компенсаторов.

Задание на контрольную работу № 25

1. Классификация, маркировка и область применения смазок.
2. Методы ремонта неразъемных соединений.
3. Способы производства монтажных работ

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бондар, А. М. Диагностика, сервисное обслуживание, ремонт и монтаж технологического оборудования: учеб. пособие для студентов специальностей: 260601.65 - Машины и аппараты пищевых пр-в, 200602.65 - Пищевая инженерия малых предприятий / А. М. Бондар; Калинингр. гос. техн. ун-т. – Калининград: КГТУ, 2008. – 110 с.

2. Ревин, С. А. Монтаж, техническое обслуживание и ремонт рыбообрабатывающего оборудования: учеб. пособие / С. А. Ревин, И. И. Гудзарик. – Москва: Колос, 2008. – 389 с.

3. Чепрасов, Н. Н. Монтаж, эксплуатация и ремонт технологического оборудования рыбообрабатывающих предприятий и судов / Н. Н. Чепрасов, Н. В. Уваров. – Москва: Пищевая промышленность, 1978. – 246 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение А

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО РЫБОЛОВСТВУ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ
БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«КАЛИНИНГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

Институт агроинженерии и пищевых систем
Кафедра инжиниринга технологического оборудования

Контрольная работа
допущена к защите:
должность (звание), ученая степень
_____ Фамилия И.О.
«__» _____ 202__ г.

Контрольная работа
защищена
должность (звание), ученая степень
_____ Фамилия И.О.
«__» _____ 202__ г.

Контрольная работа № _____

по дисциплине
«МОНТАЖ И СЕРВИСНОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ
МАЛЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ»

Шифр студента _____
Вариант № _____

Работу выполнил:
студент гр. _____
_____ Фамилия И.О.
«__» _____ 202__ г.

Калининград - 20__

Приложение Б

Таблица 1 – Основной шаг P_b и шаг зубьев p в зависимости от модуля и угла профиля

z_n	Условное число зубьев z_K при угле профиля			z_n	Условное число зубьев z_K при угле профиля		
	20°	15°	14°30′		20°	15°	14°30′
2	9–16	10–23	12–24	9	73–81	96–107	100–111
3	17–27	24–35	25–37	10	82–90	108–119	112–124
4	28–36	36–47	38–49	11	91–99	120–131	125–136
5	37–45	48–59	50–62	12	100–108	132–143	137–149
6	46–54	60–71	63–74	13	109–117	144–155	150–161
7	55–63	72–83	75–86	14	118–126	156–167	162–173
8	64–72	84–95	87–99	15	127–135	168–179	174–186

Таблица 2 – Наибольшие допускаемый износ втулок (мм)

Модуль $m, \text{мм}$	Основной шаг $p_b, \text{мм}$, при угле профиля α					Шаг зубьев $p = m, \text{мм}$
	25°	22°30′	20°	17°30′	15°	
1,25	3,56	3,63	3,69	3,74	3,79	3,927
1,5	4,27	4,35	4,43	4,49	4,55	4,712
1,75	4,99	5,08	5,17	5,24	5,31	5,498
2	5,69	5,8	5,9	5,99	6,07	6,283
2,25	6,41	6,53	6,64	6,74	6,83	7,069
2,5	7,12	7,26	7,38	7,49	7,59	7,854
2,75	7,83	7,98	8,12	8,24	8,34	8,639
3	8,55	8,71	8,86	8,99	9,1	9,425
3,25	9,25	9,43	9,59	9,74	9,86	10,21
3,5	9,97	10,16	10,33	10,49	10,62	10,996
3,75	10,67	10,88	11,07	11,24	11,38	11,781
4	11,39	11,61	11,81	11,98	12,14	12,566
4,25	12,11	12,34	12,55	12,73	12,90	13,352
4,5	12,81	13,08	13,28	13,48	13,66	14,137
5	14,23	14,51	14,76	14,98	15,17	15,708
5,5	15,66	15,96	16,24	16,48	16,69	17,279
6	17,08	17,41	17,71	17,98	18,21	18,85
6,5	18,51	18,87	19,19	19,48	19,72	20,42
7	19,94	20,32	20,66	20,97	21,24	21,991
8	22,78	23,22	23,62	23,97	24,28	25,133
9	24,45	24,92	25,34	25,74	26,14	26,988

Модуль m , мм	Основной шаг p_b , мм, при угле профиля α					Шаг зубьев $p = m$, мм
	25°	22°30'	20°	17°30'	15°	
10	28,47	29,02	29,52	29,96	30,35	30,416
11	31,32	31,93	32,47	32,96	33,38	34,557
12	34,17	34,83	35,43	35,95	36,41	37,699

Таблица 3 – Наибольшие допускаемые износы поршней (мм)

Диаметр цилиндра, $мм$	При $n \geq 500$		При $n = 150-500$		При $n \leq 150$	
	Отклонение от круглости	Наибольшее увеличение диаметра	Отклонение от круглости	Наибольшее увеличение диаметра	Отклонение от круглости	Наибольшее увеличение диаметра
До 100	0,25	1,00	-	-	-	-
101–150	0,30	1,20	-	-	-	-
151–200	0,35	1,50	0,30	1,60	-	-
201–250	0,40	1,80	0,35	2,00	0,55	2,50
251–300	0,45	2,20	0,40	2,40	0,60	3,00
301–350	0,50	2,60	0,45	2,80	0,65	3,50
351–400	0,55	3,00	0,50	3,20	0,70	4,00

Таблица 4 – Наибольший допускаемый износ шеек поршневого пальца

Диаметр поршня, мм	Отклонение от круглости	Отклонение от цилиндричности
До 50	0,15	0,15
51–75	0,2	0,2
76–100	0,2	0,2
101–125	0,2	0,2
126–150	0,25	0,25
151–175	0,25	0,25
176–200	0,25	0,25
201–250	0,3	0,3
251–300	0,35	0,35

Таблица 5 – Наибольший допускаемый износ шеек поршневого пальца

Диаметр	Отклонение от круглост и	Отклонение от цилинд ричности	Диаметр	Отклонение от круглост и	Отклонение от цилинд ричности
До 50	0,12	0,12	176–200	0,27	0,27
51–75	0,15	0,15	201–225	0,3	0,3
76–100	0,18	0,18	226–250	0,33	0,33
101–125	0,2	0,2	251–275	0,37	0,37
126–150	0,22	0,22	276–350	0,4	0,4
151–175	0,25	0,25	-	-	-

Локальный электронный методический материал

Мария Вячеславовна Хомякова

МОНТАЖ И СЕРВИСНОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО
ОБОРУДОВАНИЯ МАЛЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Редактор Е. Билко

Уч.-изд. л. 4,7. Печ. л. 4,0

Федеральное государственное
бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Калининградский государственный технический университет»,
236022, Калининград, Советский проспект, 1