

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение**  
**высшего профессионального образования**  
**«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**  
**Невинномысский технологический институт (филиал) СКФУ**

**Надежность оборудования химических и нефтехимических производств**  
**Методические указания для практических занятий**

Ставрополь 2023

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Методические указания составлены на современном научном уровне в соответствии с утвержденной программой по дисциплине по дисциплине «Надежность оборудования химических и нефтехимических производств» для студентов направления 15.03.02 – Технологические машины и оборудование.

Методические указания составлены

При подготовке издания учтены основные изменения в методах мониторинга и тенденции его развития. Последовательность разделов соответствует логической структуре курса. Предлагаемые методические указания включают материал, который используется при подготовке и проведении практических занятий.

### *1. Методические рекомендации*

Дисциплина предполагает следующие формы работы со студентами: лекционные и практические занятия (решение заданий для СРС, обсуждение вопросов на семинарах, проведение дискуссии, подготовку и обсуждение докладов).

Освоение каждого раздела дисциплины предполагает определенную степень самостоятельности: выполнение заданий, обсуждение презентационных лекционных материалов, доклады студентов.

Итоговая оценка по дисциплине выставляется по совокупности набранных студентом баллов. При этом учитывается активность студентов на занятиях, выполнение практических работ, активная самостоятельная работа с литературными источниками, творческий подход к заданиям (в соответствии с технологической картой дисциплины).

#### **1.1. Методические рекомендации по организации работы студентов во время проведения лекционных занятий**

Приступая к изучению дисциплины, студенту необходимо внимательно ознакомиться с тематическим планом занятий, списком рекомендованной литературы. Следует уяснить последовательность выполнения индивидуальных учебных заданий. Самостоятельная работа студента предполагает работу с научной и учебной литературой. Уровень и глубина усвоения дисциплины зависят от активной и систематической работы на лекциях и изучения рекомендованной литературы.

При изучении дисциплины студенты выполняют следующие задания:

- изучают рекомендованную литературу;
- выполняют задания, предусмотренные для самостоятельной работы.

В ходе лекций преподаватель излагает и разъясняет основные, наиболее сложные понятия темы, а также связанные с ней теоретические и практические проблемы, дает рекомендации на практическое занятие и указания на самостоятельную работу.

#### **1.2 Методические рекомендации по подготовке к практическим занятиям**

Приступая к изучению дисциплины, студенту следует уяснить последовательность выполнения индивидуальных учебных заданий. Самостоятельная работа студента предполагает работу с научной и учебной литературой.

Практические занятия завершают изучение наиболее важных тем учебной дисциплины. Они служат для закрепления изученного материала, развития умений и навыков подготовки докладов, сообщений, приобретения опыта устных публичных выступлений, ведения дискуссии, аргументации и защиты выдвигаемых положений, а также для контроля преподавателем степени подготовленности студентов по изучаемой дисциплине.

Практическое занятие предполагает свободный обмен мнениями по избранной тематике. Он начинается со вступительного слова преподавателя, формулирующего цель занятия и характеризующего его основную проблематику. Затем, как правило, заслушиваются сообщения студентов. Обсуждение сообщения совмещается с рассмотрением намеченных вопросов. Сообщения, предполагающие анализ публикаций по отдельным вопросам практического занятия, заслушиваются обычно в середине занятия. Поощряется выдвижение и обсуждение альтернативных мнений. В заключительном слове преподаватель подводит итоги обсуждения и объявляет оценки выступавшим студентам. В целях контроля подготовленности студентов и привития им навыков краткого письменного изложения своих мыслей преподаватель в ходе практического занятия может осуществлять текущий контроль знаний в виде тестовых заданий.

При подготовке к практическому занятию студенты имеют возможность воспользоваться консультациями преподавателя. Кроме указанных тем студенты вправе, по согласованию с преподавателем, избирать и другие интересующие их темы.

Алгоритм подготовки к выступлению на семинаре:

1 этап – определение темы выступления 2

этап – определение цели выступления

3 этап – подробное раскрытие информации

4 этап – формулирование основных тезисов и выводов.

### **1.3 Методические рекомендации по подготовке к сдаче зачету**

Основным источником подготовки к зачету является рекомендуемая литература и конспекты лекций. Следует точно запоминать термины и категории, поскольку в их определениях содержатся признаки, позволяющие уяснить их сущность и отличить эти понятия от других.

Зачет проводится в устной форме, студенту предлагается два вопроса. Содержание вопросов выбирается из списка и охватывает пройденный материал. По окончании ответа преподаватель, принимающий зачет, может задать студенту дополнительные и уточняющие вопросы.

При подготовке к ответу на зачете студенту рекомендуется составить план ответа на каждый вопрос. Положительным также будет стремление студента изложить различные точки зрения на рассматриваемую проблему, выразить свое отношение к ней.

## **II. Планы практических занятий**

### **Практическое занятие 1**

#### **Тема «Надежность оборудования и методы предупреждения неисправностей, и ремонтов»**

Независимо от принятой на конкретном предприятии системы планирования и организации и ремонтов, все они включают в себя:

- техническое обслуживание оборудования (ТО);
- проведение собственно ремонтов.

Техническое обслуживание оборудования направлено на предупреждение преждевременного сверхнормативного износа деталей и сопряжений путем своевременного проведения регулировочных работ, смазки трущихся узлов и деталей, своевременного выявления возникающих дефектов и их устранения.

Техническое обслуживание – это комплекс профилактических операций по поддержанию работоспособности или исправности оборудования, производимых при использовании его по служебному назначению в ходе эксплуатации, хранения или

транспортировки. Проводят техническое обслуживание в течение смены, между сменами или в период технических остановок эксплуатационным персоналом цеха (аппаратчики, операторы, машинисты, электрики) или привлекается дежурный ремонтный персонал или специалисты других служб (при выполнении сложных работ).

Кроме общих операций технического обслуживания для соответствующего оборудования производятся следующие специфические работы и проверки:

а) электролизеры:

проверка на отсутствие чрезмерного нагрева и окисления контактных соединений, трещин и сколов изоляторов, неравномерности распределения потенциалов, замыканий на землю; повреждений в изоляции, автоматической сигнализации и противоаварийной блокировке, в системе охлаждения, запорно-предохранительной арматуре; ослабления в болтовых соединениях; правильности показаний измерительных приборов и устранение мелких неисправностей;

б) блоки очистки водорода:

проверка на отсутствие утечки газа в уплотнительных соединениях, повреждений в запорной арматуре, следов коррозии; подтяжка уплотнительных соединений;

в) осушители газа:

проверка на отсутствие утечки газа в местах соединения, выхода получаемого газа, снятия давления, отключения трубопроводов; продувка азотом; затяжка фланцевых соединений; опрессовка;

г) промыватели газа:

проверка на отсутствие утечки жидкости и газа в соединениях, повреждений в запорной арматуре; продувка сосуда азотом; подтяжка болтовых соединений; опрессовка;

д) колонки разделительные:

проверка на отсутствие утечки газа в сварных соединениях, ослаблений во фланцевых и других соединениях; подтяжка креплений;

е) скрубберы:

проверка на отсутствие вмятин, трещин, проржавевших мест, ослаблений соединений, повреждений в гидрозатворах, дросселях, патрубках и футеровке; подтяжка фланцевых соединений и болтовых креплений;

ж) фильтры очистки воздуха:

проверка на отсутствие повреждений каркасов, кассет и сеток, фильтрующих рукавов и полотнищ, ослаблений во фланцевых соединениях, отклонений от уровня наполнения фильтрующего заполнителя;

з) блоки сушки воздуха:

проверка на отсутствие утечки газа в местах соединений запорной арматуры, фланцевых соединениях выхода получаемого газа, снятия давления, отключение трубопроводов; продувка азотом; затяжка фланцевых соединений; опрессовка;

и) блоки очистки кислорода:

проверка на отсутствие утечки газа в уплотнительных соединениях, повреждений в запорной арматуре; подтяжка уплотнительных соединений; устранение утечек газа;

к) блоки разделения воздуха:

проверка на отсутствие неплотностей всех соединений в аппаратах, сосудах и трубопроводах, повреждений в воздушных задвижках, механизме переключения клапанов, запорно-регулирующей аппаратуре, трубопроводах, регенераторах азота и кислорода, в детандерах и ректификационных колоннах; правильности показаний контрольно-измерительных приборов;

л) теплообменники:

проверка на отсутствие утечек в сварных швах и уплотнителях, ослаблений в болтовых креплениях, повреждений в запорно-регулирующей арматуре и измерительных приборах;

м) рампы наполнительные и перепускные:

проверка на отсутствие ослаблений во фланцевых соединениях, утечки газа, повреждений прокладок, соединительных трубок;

н) газгольдеры и цистерны:

проверка на отсутствие утечек газа в сварных листах и местах крепления запорно-предохранительной арматуры, вмятин, выпуклостей и трещин на поверхности, повреждений изоляции, креплений люка и приборов;

о) газораспределительные пункты:

проверка на отсутствие утечки в газифланцевых, резьбовых и штуцерных соединениях, заеданий в трущихся частях запорно-регулирующей арматуры; наличия смазки в сальниках; регулировка кинематики и хода рычажной системы предохранительно-запорного клапана; восстановление со-

осности узлов предохранительно-сбросного клапана; регулировка плотности закрытия задвижек и кранов; восстановление уплотнений;

п) регуляторы давления:

проверка на отсутствие утечки газа в уплотнительных соединениях, повреждений в запорной арматуре; устранение течи газа.

Выявленные неисправности в процессе технического обслуживания немедленно устраняются.

Под ремонтом следует понимать комплекс работ по устранению неисправностей отдельных элементов оборудования с целью восстановления их работоспособности.

Реконструкция оборудования предполагает восстановление параметров объекта, гарантированных заводом-изготовителем.

Модернизация – это не только восстановление работоспособности объекта, но и улучшение его технических характеристик и производительности по сравнению с заданными конструктором и изготовителем.

Ремонт оборудования химических предприятий в общем случае подразделяют на текущий и капитальный, которые выполняются в плановом порядке.

Текущий – это такой вид ремонта, при котором производится лишь частичная разборка объекта (машины или аппарата), диагностируют неисправности в отдельных агрегатах или узлах, заменяют выявленные неисправные объекты (кроме базовых), новыми покупными или заранее отремонтированными, хранящимися на складе. Текущий ремонт имеет целью обеспечить гарантированную работу машины до определенного планового (остановочного) ремонта.

Типовая номенклатура работ текущего ремонта включает в себя все операции текущего ремонта и, кроме того:

а) электролизеры:

проверка на отсутствие чрезмерного нагрева и окисления контактных соединений, трещин и сколов изоляторов, неравномерности распределения потенциалов, замыканий на землю; повреждений в изоляции, автоматической сигнализации и противоаварийной блокировке, в системе охлаждения, запорно-предохранительной арматуре; ослабления в болтовых соединениях; правильности показаний измерительных приборов и устранение мелких неисправностей;

б) блоки очистки водорода:

проверка на отсутствие утечки газа в уплотнительных соединениях, повреждений в запорной арматуре, следов коррозии; подтяжка уплотнительных соединений;

в) осушители газа:

проверка на отсутствие утечки газа в местах соединения, выхода получаемого газа, снятия давления, отключения трубопроводов; продувка азотом; затяжка фланцевых соединений; опрессовка;

г) промыватели газа:

проверка на отсутствие утечки жидкости и газа в соединениях, повреждений в запорной арматуре; продувка сосуда азотом; подтяжка болтовых соединений; опрессовка;

д) колонки разделительные:

проверка на отсутствие утечки газа в сварных соединениях, ослаблений во фланцевых и других соединениях; подтяжка креплений;

е) скрубберы:

проверка на отсутствие вмятин, трещин, проржавевших мест, ослаблений соединений, повреждений в гидрозатворах, дресселях, патрубках и футеровке; подтяжка фланцевых соединений и болтовых креплений;

ж) фильтры очистки воздуха:

проверка на отсутствие повреждений каркасов, кассет и сеток, фильтрующих рукавов и полотнищ, ослаблений во фланцевых соединениях, отклонений от уровня наполнения фильтрующего заполнителя;

з) блоки сушки воздуха:

проверка на отсутствие утечки газа в местах соединений запорной арматуры, фланцевых соединениях выхода получаемого газа, снятия давления, отключение трубопроводов; продувка азотом; затяжка фланцевых соединений; опрессовка;

и) блоки очистки кислорода:

проверка на отсутствие утечки газа в уплотнительных соединениях, повреждений в запорной арматуре; подтяжка уплотнительных соединений; устранение утечек газа;

к) блоки разделения воздуха:

проверка на отсутствие неплотностей всех соединений в аппаратах, сосудах и трубопроводах, повреждений в воздушных задвижках, механизме переключения клапанов, запорно-регулирующей аппаратуре, трубопроводах, регенераторах азота и кислорода, в детандерах и ректификационных колоннах; правильности показаний контрольно-измерительных приборов;

л) теплообменники:

проверка на отсутствие утечек в сварных швах и уплотнителях, ослаблений в болтовых креплениях, повреждений в запорно-регулирующей арматуре и измерительных приборах;

м) рампы наполнительные и перепускные:

проверка на отсутствие ослаблений во фланцевых соединениях, утечки газа, повреждений прокладок, соединительных трубок;

н) газгольдеры и цистерны:

проверка на отсутствие утечек газа в сварных листах и местах крепления запорно-предохранительной арматуры, вмятин, выпуклостей и трещин на поверхности, повреждений изоляции, креплений люка и приборов;

о) газораспределительные пункты:

проверка на отсутствие утечки во фланцевых, резьбовых и штуцерных соединениях, заеданий в трущихся частях запорно-регулирующей арматуры; наличия смазки в сальниках; регулировка кинематики и хода рычажной системы предохранительно-запорного клапана; восстановление соосности узлов предохранительно-сбросного клапана; регулировка плотности закрытия задвижек и кранов; восстановление уплотнений;

п) регуляторы давления:

проверка на отсутствие утечки газа в уплотнительных соединениях, повреждений в запорной арматуре; устранение течи газа.

Выявленные неисправности в процессе технического обслуживания немедленно устраняются.

Капитальным называется такой вид ремонта, при котором обеспечивается исправность и полный или близкий к полному ресурс оборудования путем восстановления и замены сборочных единиц и деталей, включая базовые. При капитальном ремонте восстанавливаются все начальные посадки в сопряжениях в соответствии с техническими условиями на ремонт с целью достижения первоначальных технических характеристик оборудования (реконструкция) или с целью повышения ресурса работы отдельных узлов или оборудования в целом (модернизация).

Капитальный ремонт выполняется организациями, имеющими лицензию (право) на производство определенных ремонтных работ.

Типовая номенклатура работ капитального ремонта включает в себя все операции текущего ремонта, полную разборку, дефектовку, восстановление или замену дефектных деталей и узлов и, кроме того:

а) электролизеры:

полная разборка; промывка от щелочи; зачистка электродов и замена их при необходимости; зачистка стяжных плит и болтов; восстановление рам или замена их при необходимости; замена асбестового полотна, паранитовых изоляционных прокладок, изоляторов; восстановление фильтров, запорной арматуры или замена их при необходимости; сборка; опрессовка; испытания;

б) блоки очистки кислорода:

полная разборка; восстановление, ремонт или замена изношенных деталей и узлов, запорной арматуры; испытания;

в) осушители газа:

полная разборка; замена силикагеля; сборка; испытания; г) промыватели газа:

разборка; замена змеевика и запорной арматуры; испытания; д) колонки разделительные:

слив щелочи из колонок; продувка азотом; разборка; замена запорной арматуры; сборка; опрессовка; испытания;

е) скрубберы:

разборка; очистка от шлака; восстановление корпуса и опорных конструкций с изготовлением патрубков, обечаек, скоб и т.д.; замена по- плавковых камер, гидрозатворов и дросселей, футеровки; сборка; окраска; опробование в работе;

ж) фильтры очистки воздуха:

полная разборка; замена кассет, рукавов, полотнищ и фильтрующего за- полнителя; восстановление трубопроводной арматуры; сборка; опробова- ние в работе;

з) блоки очистки кислорода и блоки осушки воздуха:

полная разборка; восстановление или замена дефектных деталей и узлов; сборка; испытания;

и) блоки разделения воздуха:

разборка; извлечение всей изоляции из основного блока; очистка от шлаковаты и грязи аппаратов, сосудов и внутри блочных коммуникаций; пневматическое испытание всей систем под рабочим давлением и на «пере- пуск» трубчатых теплообменных аппаратов основного блока; замена адсор- бера и адсорбентов ацетилена, фильтров, бракованных участков трубопро- водов, механизма переключения, центральной задвижки подачи воздуха низкого давления; замена изношенных дисков насадки кислородных реакен- тов; обезжиривание нижней части ректификационных колонн трубного пространства выносного конденсатора, трубопроводов и других сборочных единиц и деталей, соприкасающихся с кислородом; проверка правильности установки верхней и нижней ректификационных колонн; восстановление всего вспомогательного оборудования блока разделения; очистка поверхно- сти перед окраской; пневмоиспытания всех соединений на плотность в теп- лом состоянии; устранение выявленных неисправностей; однократное охла- ждение блока до максимально низких (при отсутствии изоляции) темпера- тур и последующий отогрев; подтяжка всех фланцевых соединений; сборка; пневматическое испытание на плотность после подтяжки фланцев; изоля- ция блоков разделения воздуха; окраска кожуха блока, внешних трубопро- водов и арматуры;

к) теплообменники:

полная разборка; замена труб, запорно-предохранительной арматуры, контрольно- измерительных приборов; сборка; установка на место; испыта- ния на герметичность;

л) рампы наполнительные и перепускные:

восстановление металлоконструкций шкафа; замена соединительных трубок; замена или восстановление редуктора давления; замена при необхо- димости баллонов; испытания;

м) газгольдеры и цистерны:

устранение вмятин, выпуклостей и трещин; замена люков, запорной ар- матуры; восстановление изоляции; испытания;



н) газораспределительные пункты (задвижки, краны, запорно-регулирующая арматура, фильтры): замена износившихся частей и прокладок (задвижки); притирка запорных органов, замена уплотнений, прокладок и шпилек (краны); восстановление или замена рычажной передачи (предохранительно-запорные клапаны); замена мембраны, пружины резьбового уплотнения, регулировка клапана (предохранительно-сбросный клапан);

о) регуляторы давления:

замена мягкой прокладки или притирка золотника к седлу; замена мембраны; замена и подгонка отдельных деталей рычажной передачи; испытание поплавков.

Монтаж оборудования – это комплекс работ по приведению его в рабочее состояние (положение). Для этого монтируемое оборудование должно быть полностью собрано, установлено в проектное положение и включено с помощью соответствующих комплектующих в единую технологическую систему. При этом из общих монтажных работ основного и вспомогательного оборудования выделяются специальные монтажные работы (электро- и тепломонтаж, монтаж КИП и средств автоматизации, работы по футеровке и антикоррозионной защите, изоляции поверхностей оборудования и т.п.). В задачу настоящего курса не входит рассмотрение специальных монтажных и ремонтных работ.

Кроме технического обслуживания и ремонта оборудования механику-эксплуатационнику приходится осуществлять монтаж оборудования и трубопроводов, конструировать и изготавливать нестандартное оборудование, средства автоматизации и механизации, производить паспортизацию оборудования, планировать запас конструкционных материалов и запасных частей, вести техническую документацию.

Таким образом, механики-эксплуатационники на предприятиях химической промышленности в своей практической деятельности решают весьма широкий круг вопросов, принимая во внимание весьма разнообразные виды и типы машинной и аппаратурной техники.

#### 4. Задачи ремонтных служб химических предприятий

Главными задачами ремонтных служб химических предприятий являются следующие:

- максимальное удешевление ремонта;
- улучшение надзора за техническим состоянием и эксплуатацией оборудования;
- улучшение экономических показателей всего предприятия;
- приближение ремонтной технологии к технологии серийного производства (специализация);
- типизация технологических процессов для групп сходных деталей.

Приближение ремонтной технологии к технологии серийного производства позволит применить приспособления и специальное оборудование, повышающие производительность труда.

Типизация технологических процессов, сокращение числа типоразмеров ремонтируемых деталей и создание упрощенных универсально-сборных приспособлений (состоящих из модульных элементов, из которых по мере необходимости можно создавать требуемые конструкции приспособлений для

ремонта конкретных деталей) способствуют внедрению высоко- производительных способов обработки или сборки в ремонтное произ- водство.

С развитием техники происходит непрерывное совершенствование ма- шин и аппаратов, многие из которых задолго до своего физического износа испытывают так называемый «моральный износ», т.е. их технические воз- можности перестают соответствовать уровню развития производства. Важ- нейшей задачей ремонта таких объектов является совершенствование их путем повышения долговечности и производительности (модернизация).

## 5. Причины образования неисправностей деталей химических машин и аппаратов

При эксплуатации технических объектов все процессы, вызывающие повреждения и разрушения элементов конструкции, называют вредными. Повреждение детали – это частичная потеря его служебных характеристик.

Разрушение – это всякий процесс, протекающий в самом материале или на его поверхности, приводящий к невозможности дальнейшего выпол- нения деталью заданных функций.

Практически любая неисправность является следствием измене- ния со- става, структуры или механических свойств материала, конструктивных размеров деталей и состояния их поверхностей.

В большинстве случаев при работе машины происходят изменения в сопряжениях – нарушение заданных зазоров в подвижных соединениях или натягов в неподвижных.

К вредным процессам относятся: изнашивание рабочих поверхностей деталей вследствие истирания, деформирования, смятия, коррозии, старе- ния, перераспределения остаточных напряжений, усталости металла, теплового и электроэрозионного разрушения, а так же потере сообщенных дета- ли служебных свойств (размагничивание, потеря упругости и др.). Появле- ние неисправностей обусловлено конструктивными технологическими и эксплуатационными факторами.

К конструктивным относятся: расчетные нагрузки, скорости относи- тельного перемещения, давление, материалы, их физико-химические харак- теристики и структура, конструктивное исполнение деталей и сборочных единиц, форма и величина зазоров или натягов в сопряжениях, макро- и микрогеометрия поверхностей, твердость, условия смазывания и охлажде- ния.

Технологическими факторами являются приемы, способы, точность и стабильность получения заготовок, виды механической, термической, упрочняющей и финишной обработки при изготовлении деталей, правиль- ность сборки, регулирования, приработки и испытания узлов, агрегатов и машин.

Эксплуатационные факторы оказывают решающее воздействие на сохранение свойств элементов машин, обеспечиваемых их конструкцией и технологией изготовления. К эксплуатационным относятся факторы:

- определяемые назначением машины, её нагрузочными и скоростны- ми режимами, а так же интенсивностью эксплуатации;
- не зависящие от назначения машины (условия эксплуатации, своевременность и полнота технического обслуживания и др.).

Различный срок службы (ресурс) деталей обусловлен многими причинами. Основными из них являются следующие: разнообразие функций деталей в машине; широкий диапазон изменения действующих на детали нагрузок; наличие как активных (движущихся), так и пассивных (неподвижных) деталей; наличие разнообразных видов трения в сопряжениях; использование в сопряжениях деталей из разных материалов, вызванное необходимостью снижения сил трения; отклонения в свойствах материалов; точность и качество обработки сопрягаемых деталей; условия эксплуатации.

## **Тема 2 Наиболее характерные неисправности деталей машин и аппаратов**

Неисправности деталей машин можно разделить на три группы: изнашивания, механические повреждения, химико-тепловые повреждения. Изнашивание – это процесс постепенного изменения размеров и формы тела при трении, проявляющийся в отделении с поверхности трения материала и в его остаточной деформации.

Изнашивание зависит от ряда факторов, в частности от условий трения. Различают трение покоя и движения.

Трение покоя – это трение двух тел при предварительном смещении. Трение движения – это трение двух тел, находящихся в относительном движении. В зависимости от вида относительного движения различают трение скольжения, трение качения и трение качения с проскальзыванием. В зависимости от наличия между трущимися телами смазки различают сухое, граничное и жидкостное трение.

Сухое трение – это трение движения двух твердых тел без смазки на соприкасающихся поверхностях.

Граничное трение – это трение движения двух твердых тел, имеющих на своих поверхностях незначительный слой смазочного материала (порядка 0,1 мкм), обладающего свойствами, отличающимися от объемных свойств жидкостей при жидкостном трении.

Жидкостное трение – явление сопротивления относительному перемещению, возникающего между двумя трущимися телами, разделенными слоем смазочного материала, в котором проявляются его объемные свойства. Основной характеристикой трения является его сила, т.е. сила сопро-

тивления относительному перемещению двух тел при трении.

Механическое изнашивание наблюдается при механическом взаимодействии материалов в изделии. Оно может быть разделено на абразивное и усталостное.

Абразивное изнашивание – это процесс, при котором трущиеся поверхности разрушаются в результате царапающего или режущего действия твердых тел или частиц.

Разновидностью абразивного изнашивания является гидро- и газо-абразивное изнашивание, когда разрушение поверхностей деталей происходит в результате воздействия на материал твердых частиц, увлекаемых соответственно потоком жидкости или газа.

Разновидностью механического изнашивания является кавитационное. Разрушение поверхности детали происходит при относительном движении твердого тела в жидкости в условиях кавитации, т.е. при нарушении сплошности потока жидкости с

образованием воздушных (кавитационных) пузырей, которые уменьшаются в объеме с большой скоростью и затем взрываются. Это приводит к гидравлическому удару жидкости о поверхность детали с образованием разрушений в виде каверн диаметром от 0,2 до 1,2 мм.

Усталостное изнашивание поверхности трения или отдельных её участков является следствием многократного знакопеременного деформирования микрообъемов материала, приводящего к возникновению трещин и отделения с поверхности частиц материала.

Основной показатель усталостного изнашивания – глубина деформированного слоя на поверхности трения. Усталостное изнашивание возможно как при трении качения, так и при трении скольжения и зависит от удельного давления в сопряжении, свойств материала деталей и частоты циклов нагружения. При чистом качении наблюдается контактная усталость, которая проявляется в образовании местных очагов разрушения в виде осповидных углублений (питтинг). При трении скольжения образуется износ, связанный с усталостной природой разрушения, т.е. процесса постепенного накопления повреждений в материале под действием повторно-переменных напряжений, приводящий к появлению и развитию трещин.

Молекулярно-механическое изнашивание происходит в связи с возникновением на отдельных участках контактирующих поверхностей молекулярных (адгезионных) взаимодействий, силы которых превосходят прочность связей поверхностного слоя материала с основным материалом детали. Адгезионное изнашивание выражается в местном глубинном вырывании материала и переносе его одной поверхности на другую, что приводит, как правило, заеданию деталей.

Изнашивание в условиях избирательного переноса так же характеризуются атомарными явлениями в зоне контакта и наблюдаются, например, при трении металлополимерных пар, когда полимер переносится на поверхность металла, образуя на ней мономолекулярный слой, что может привести к уменьшению интенсивности изнашивания.

Коррозионно-механическое изнашивание подразделяется на окислительное и изнашивание при фреттинг-коррозии.

Окислительное изнашивание возникает при наличии на поверхности трения защитных пленок, возникших в результате взаимодействия материала детали с кислородом и установившегося стационарного процесса динамического равновесия разрушения и восстановления оксидных пленок.

Следует обратить внимание, что возникновение оксидных пленок ускоряет усталостное разрушение материала из-за возникновения оксидных слоев повышенной хрупкости.

Изнашивание при фреттинг-коррозии происходит в процессе малых относительных колебательных перемещений контактирующих металлических поверхностей в результате периодических деформаций или вибрации элементов конструкции. При фреттинг-коррозии наблюдается схватывание, абразивное изнашивание и усталостно-коррозионные явления. Этот вид разрушения может возникать как при сухом трении, так и при трении со смазкой.

Механические повреждения деталей включают в себя: трещины, пробоины, риски, надирь, выкрашивания, поломки и обломы, изгибы, вмятины и скручивания.

Химико-тепловые повреждения деталей: коробление, коррозия, раковины, образование нагара и накипи, электроэрозионные разрушения и т.д.

Коробление деталей происходит в результате воздействия высоких температур, приводящих к возникновению структурных изменений и больших внутренних напряжений.

Коррозия – процесс разрушения металлов вследствие химического или электрохимического взаимодействия их с окружающей средой. Для химического оборудования характерны сплошная (равномерная и неравномерная) и местная коррозии. Сплошная коррозия проявляется в постепенном уменьшении первоначальной толщины элементов сосудов, аппаратов и машин. При этом скорость коррозии можно предварительно рассчитать, используя справочные данные по коррозионной стойкости конструкционных материалов в конкретных технологических средах.

Большую опасность местная (избирательная) коррозия, т.е. точечная, контактная, щелевая, пятнами и язвами.

При выполнении сварочных работ в результате специфических условий кристаллизации металла шва, теплового воздействия околошовной зоне, наличия термомодеформационного цикла возникают неблагоприятные изменения в металле конструкции и самом шве. При этом для сварных соединений характерными недостатками являются структурно-химическая макро- и микронеоднородности в отдельных зонах соединения (основной металл вне зоны термического влияния сварного шва, переходные структуры в пределах каждого участка зоны термического влияния, металл самого сварного шва), неоднородность напряженного состояния из-за наличия остаточных напряжений, пластических деформаций, дефектов сварных швов, технологических и конструктивных концентраторов напряжений.

Оценивать и прогнозировать процессы развития местной коррозии практически невозможно, именно поэтому она во многих случаях приводит к внезапному выходу из строя конструкции. Поэтому, предполагая возможные причины появления местной коррозии необходимо еще на стадии конструирования, зная особенности эксплуатации оборудования, выбирать соответствующие конструкционные материалы, технологию их обработки и способы защиты от местной коррозии.

Значительно снижают работоспособность сварной конструкции такие виды избирательной коррозии, как межкристаллитная и межшовная, возникающие в околошовной зоне и по линии сплавления сварного шва и основного металла.

Межкристаллитная (МКК) (или интеркристаллитная) коррозия – это коррозионное разрушение металлов по приграничной зоне зерен. МКК характерна для деталей, изготовленных из хромоникелевых аустенитных сталей. Механизм МКК следующий. При температуре от 400 до 800°C вслед-

ствие активных диффузионных процессов по границам зерен выпадают карбиды хрома со стехиометрическим составом  $Cr_23C_6$ . В результате приграничные участки зерна обедняются хромом ( $Cr < 12,5\%$ ) и теряют коррозионную стойкость. Процесс может сопровождаться отрывом ядра зерна от хрупкой карбидной границы. Возникновение МКК наиболее характерно для аустенитных хромоникелевых и хромомарганцевых сталей, работающих в средах, содержащих хлориды. МКК подвержены так же медноалюминиевые (дюралюминий), магниевые-алюминиевые и

некоторые другие сплавы цветных металлов. Глубоко проникающую МКК называют транс- или ин- теркристаллитной.

Селективная, или структурно-избирательная коррозия заключается в разрушении одной или одновременно несколькими структурными составляющими металла.

Одним из видов разрушения являются коррозионная усталость и растрескивание. Коррозионная усталость возникает при одновременном воздействии циклических растягивающих напряжений и агрессивности среды и обусловлена значительным снижением предела выносливости в специфических условиях по сравнению с пределом выносливости этих металлов на воздухе. Коррозионное растрескивание наблюдается при одновременном воздействии коррозионной среды и внешних или внутренних растягивающих напряжений с образованием транскристаллитных или межкристаллитных трещин.

На склонность к образованию коррозионных трещин (растрескивание) существенно влияет среда, давление и температура, физико-химические свойства металла, величина и характер распределения растягивающих напряжений и т.п.

Коррозионное растрескивание низкоуглеродистых и низколегированных сталей наблюдается в щелочных растворах, особенно при температурах выше  $40^{\circ}\text{C}$ . В этом случае растрескивание происходит при растягивающих напряжениях, близких к пределу текучести. В сварных соединениях трещины образуются чаще всего в зоне максимальных остаточных напряжений, в дефектах самого шва и в околошовной зоне, т.е. в тех местах, где имеется структурно-химическая неоднородность и неоднородность упруго-пластической деформации.

Хромоникелевые аустенитные коррозионностойкие стали наиболее часто подвергаются транскристаллитному коррозионному растрескиванию в хлоросодержащих средах при повышенных температурах (более  $60^{\circ}\text{C}$ ), что является характерным для работы многих аппаратов. Для работы в подобного рода условиях необходимо выбирать стали с неоднородной структурой, например, аустенито-ферритные.

Многие технологические процессы связаны с получением или применением водорода; при высоких температурах и давлениях он вызывает водородную коррозию. Она проявляется в виде отдулин и расслоений на различной глубине от поверхностного слоя корпусов аппаратов, труб и других деталей.

Механизм коррозионного действия водорода можно представить следующим образом. Атомы водорода диффундируют в металл, концентрируются в имеющихся дефектах строения (раковины, вакансии, трещины), образуя молекулы, что приводит к увеличению объема, занимаемого водородом. Создаваемое при этом местное давление расслаивает лист и может привести к образованию трещин.

В металл может проникать и водород, выделяющийся в ходе технологических реакций. При температурах порядка  $400^{\circ}\text{C}$  он взаимодействует с углеродом стали, а образующийся метан и растворенный водород вызывают дополнительные внутренние напряжения, которые приводят к появлению на границах зерен микротрещин и растрескиванию металла. Глубокие изменения в структуре металла, обусловленные водородной коррозией, часто наблюдаются в оборудовании установок синтеза аммиака.

В химической аппаратуре возможна так называемая контактная коррозия, возникающая на участках контакта двух разных или одинаковых металлов, находящихся в разных состояниях.

Наружные поверхности оборудования, трубопроводов, металлоконструкций подвержены атмосферной коррозии, т.е. коррозии, протекающей на воздухе в присутствии избыточного количества кислорода, при попеременном воздействии на металл влаги и сухого воздуха. Атмосферная коррозия усиливается в тех районах, где окружающая среда содержит такие газы, как сернистый и серный ангидриды и сероводород. Эти газы в присутствии влаги образуют кислоты, которые разрушают имеющиеся на металле естественные защитные пленки и облегчают дальнейшее коррозионное разрушение.

Подземная (почвенная) коррозия является результатом воздействия почвы на металл. Особенно существенно она возрастает при наличии блуждающих токов (токов от различных электрических источников и проникающих в грунт и подземные сооружения).

Разновидностью почвенной коррозии является биокоррозия (микробиологическая), вызываемая микроорганизмами.

При рассмотрении различных видов коррозии можно сделать вывод, что механизм и интенсивность коррозионных процессов определяется множеством факторов. Наиболее важными из них являются свойства металла, его химический состав и структура, состояние поверхности изделия, подвергающегося разрушению, свойства агрессивной среды, характер компонентов, составляющих раствор электролитов, степень аэрации (постоянное поступление кислорода), способность к образованию защитных слоев.

В ходе выполнения контрольных и самостоятельных работ №1 и

№2 следует детально ознакомиться со служебными назначениями каждой детали изучаемого объекта, выявить исполнительные и связующие поверхности, определиться с действующими на них силами и соприкасающимися средами, чтобы установить возможные виды повреждений и предложить меры по их устранению или снижению.

### **Тема 3. Технологические особенности ремонта машин и аппаратов**

На многих химических предприятиях техническое обслуживание и ремонт оборудования осуществляется собственным ремонтным персоналом цеха или предприятия. Однако более рациональными вариантами в современных условиях являются привлечение к этой работе специализированных сторонних организаций. Преимуществом специализации является наиболее полный учет особенностей технического обслуживания и ремонт конкретных видов оборудования; выполнения работ на высоте, внутри аппарата; определение требований к рабочим; повышенные требования к прочности и надежности элементов машинного оборудования, что обуславливает использование высококачественных материалов и комплектующих изделий, свойства которых подтверждены документально и т.д. Кроме того, специализация способствует повышению производительности труда и качеству выполнения ремонтных работ. Ограничение функций и объектов труда позволяет рабочим вырабатывать рациональные приемы выполнения технологических

операций, а инженерно-технологическому персоналу создавать более совершенные технологические процессы и оснастку, облегчающую труд ремонтного персонала. Специализация подразделений, осуществляющих техническое обслуживание и ремонт (бригада, участок, цех, завод), может быть функциональной, предметной и предметно-функциональной.

При функциональной специализации подразделение выполняет вполне определенные виды ремонтных работ - специфичных и трудоемких (например, такелажно-транспортные, монтажные).

При предметной специализации подразделение выполняет любые виды ремонтных работ по определенному оборудованию (например, техническое обслуживание, диагностика и ремонт насосов).

Предметно-функциональная специализация характеризуется выполнением отдельных видов работ по конкретным типам и моделям оборудования (например, техническое обслуживание и ремонт центробежных компрессоров).

Путь узкой специализации особенно эффективен для конструктивно сложного оборудования химических предприятий. Например, без узкоспециализированных ремонтно-эксплуатационных служб практически невозможно представить нормальную и безотказную работу технологических линий современных химических предприятий, непрерывно функционирующих в течение длительного времени с короткими остановками на плановый ремонт через 2-3 года.

## 6.2 Методы производства ремонта

Наиболее распространенным методом капитального ремонта является комплексный метод, при котором одновременно осуществляется весь комплекс работ по восстановлению ресурса машины или аппарата, для чего ведется практически полная их разборка и одновременно ремонтируются все их элементы. Чаще всего это индивидуальный вид ремонта, т.е. восстановительные операции производят с учетом принадлежности восстанавливаемых элементов к данному конкретному ремонтируемому объекту. Он связан с наименьшими затратами труда, но требует остановки технологического процесса на довольно продолжительный срок.

Сокращение периода капитального ремонта основано на комплексном осуществлении следующих мероприятий: тщательная технологическая и материальная подготовка ремонтных работ; выполнение их по заранее разработанным технологическим процессам; применение производительных методов и приемов работ; уплотнение их во времени; высокая квалификация исполнителей; обеспечение их материальной и моральной заинтересованностью и т.п. Существенное ускорение ремонта дает параллельное выполнение наибольшего числа операций (перекрываемое время).

Такой метод называется параллельным, в отличие от последовательного, и параллельно-последовательного, при которых все ремонтные операции или большую их часть выполняют последовательно.

Ещё большее сокращение периода простоя в капитальном ремонте достигают применением агрегатного метода. Агрегатный метод предусматривает замену



износившихся сторонних единиц новыми (предварительно приобретенными или изготовленными) – дублерами – ремонтными агрегатами. В отличие от комплексного, являющегося по сути индивидуальным, агрегатный ремонт выполняют как обезличенный, т.е. без учета принадлежности - сти деталей и сборочных единиц к данному экземпляру оборудования.

Обезличенный метод связан с выполнением двух основных операций: снять-поставить, т.е. все работы сводятся к снятию агрегата, требующего ремонта, и установке на его месте нового или заранее отремонтированного. Это сокращает время простоя в ремонте, повышает коэффициент технической готовности машины, создает условия для более полного использования работоспособности каждого агрегата в связи с возможностью замены их при технических обслуживаниях с учетом степени износа, снижает трудозатраты на ремонтные работы. Однако, для применения этого метода ремонта необходим оборотный фонд, комплектуемый из отремонтированных или новых запасных агрегатов.

Общий технологический процесс комплексного ремонта оборудования

Схема типового технологического процесса капитального ремонта оборудования приведена на рис.1 (см. Приложение). Выполнение такого ремонта предполагается специализированной ремонтной организацией как по месту эксплуатации ремонтируемого объекта (наиболее сложного и тяжелого оборудования), так и на ремонтной базе самого генподрядчика.

Порядок сдачи в ремонт и приема из него определен ГОСТ 19504-74, а особенности основных операций технологического процесса ремонта конкретного вида оборудования можно почерпнуть из многочисленных литературных источников (см. список литературы).

Технологические методы ремонта (восстановления) деталей машин

Ремонтируемая деталь – идеальная заготовка: она не требует новых материальных и трудовых затрат; размеры ее в максимальной степени приближены к окончательным, поэтому восстановление связано с минимальным объемом механической обработки; количество поврежденных поверхностей, как правило, не велико, а следовательно, не велик объем восстановительных работ. Поэтому стоимость отремонтированных деталей даже в условиях несовершенного ремонта ремонтного производства оказывается в несколько раз ниже, чем новых, хотя общая стоимость детали при этом возрастает. Поэтому необходимо в ходе восстановительного ремонта изыскивать возможности повысить ресурс деталей по сравнению с новыми. Все это определяет высокую эффективность правильно организованного восстановительного ремонта. При огромном парке машин он обеспечивает крупную экономию материалов, энергии и трудозатрат.

На рис.2 (см. Приложение) приведены наиболее распространенные приемы и методы восстановления изношенных деталей машин. Более подробное их описание можно найти в рекомендованных литературных источниках.

## 6.5 Технологические особенности ремонта химической аппаратуры

Оборудование современных химических предприятий представляет комплекс сложных технологических установок, включающих машины, аппараты, всевозможные транспортные средства и систему КИПиА, разнообразных по конструкции и назначению, но выполняющие взаимосвязанные эксплуатационные функции. Оборудование, используемое для ведения конкретного (целевого) технологического процесса, принято относить к основному технологическому, в отличие от типового оборудования, применяемого во многих отраслях промышленности, называемого вспомогательным.

В данном разделе дается краткое описание ремонтных работ, выполняемых при эксплуатации особо важного технологического оборудования (лимитирующее технологический процесс, представляющее повышенную опасность, не имеющее ресурса).

### Требования к ремонтируемым аппаратам

Ремонт сосудов и их элементов, подведомственных Ростехнадзору РФ, с применением сварки (пайки), должен проводиться по технологии, разработанной заводом-изготовителем сосуда, либо конструкторской или ремонтной организацией, имеющих лицензию, до начала выполнения работ, а результаты ремонта должны записать в паспорт сосуда.

Ремонт сосудов и их элементов, находящихся под давлением, не допускается.

До начала ремонтных работ внутри сосуда, соединенного трубопроводами с другими сосудами, он должен быть отделен от них заглушками или отсоединен. Отсоединенные трубопроводы должны быть заглушены.

Применяемые для отключения сосуда заглушки, установленные между фланцами, должны быть соответствующей прочности и иметь выступающую часть (хвостовик), по которой определяется наличие заглушки. Прокладки при этом должны быть без хвостовиков.

При работе внутри сосуда (внутренний осмотр, диагностика, чистка и ремонт) должны применяться безопасные светильники на напряжение не выше 12 В, а при взрывоопасных средах – во взрывобезопасном, при необходимости должен быть произведен анализ среды в сосуде на отсутствие вредных и горючих веществ, превышающих предельно-допустимые концентрации. Работы внутри сосуда должны выполняться по наряду-допуску.

Руководящие инженерно-технические работники и сварщики, занятые монтажом и ремонтом сосудов, должны быть аттестованы в соответствии с

«Положением о порядке подготовки и аттестации работников организаций, эксплуатирующих опасные производственные объекты, подконтрольные Ростехнадзору РФ» и «Правилам аттестации сварщиков и специалистов сварочного производства» ПБ 03-273-99.

### Материалы, применяемые при ремонте сосудов

Для ремонта деталей корпуса сосудов должны применяться материалы, указанные в паспорте на аппарат. При отсутствии материала, указанного в паспорте может быть использован другой материал, приведенный в приложении к ПБ 03-273-99 (а, д, в). Этот материал по химическому составу, механическим свойствам и условиям применения должен быть не ниже заменяемого.

Возможность замены марки стали должна быть подтверждена прочностным расчетом и согласована со специализированной организацией.

При выборе материалов для ремонта должны учитываться: расчетное давление, расчетная температура стенки (минимальная отрицательная и максимальная расчетная), химический состав и характер среды, технические свойства и коррозионная стойкость материалов в ней.

### Сварочные электроды

Сварочные электроды, используемые при ремонте, реконструкции и монтаже корпусных деталей аппаратов, должны выбираться из таблиц приложений к ПБ 03-273-99 (г, д, е, ж).

Электроды типов, предусмотренных ГОСТ 9467 – 75 или ГОСТ 10052

- 75, должны обеспечивать механические свойства металла шва и наплавленного металла в соответствии с требованиями этих стандартов.

При выборе электродов необходимо учитывать, что температуры эксплуатации сварных соединений должны быть не выше меньшей из максимально допустимых для свариваемых сталей и наплавленного металла, но не ниже большей из минимально допустимых для свариваемых сталей из приложения к ПБ-03-273-99 (г, д, е, ж).

Ручная наплавка поверхностей деталей из малоуглеродистых и низколегированных сталей корпусов аппаратов из двухслойных сталей со стороны планирующего слоя, а так же сварка планирующего слоя шва должны выполняться электродами, выбираемыми в зависимости от марки или (коррозионно-стойкого) сплава и рабочих условий (приложение к ПБ 03-273-99

е, ж). При этом первый (переходный) слой должен быть выполнен электродами типа Э-10Х25Н13Г2.

Сварочные электроды для сварки корпусных деталей аппаратов из разнородных сталей должны выбираться с учетом рабочих условий по таблице приложения к ПБ 03-273-99 и.

### Виды дефектов корпусов аппаратов и выбор способов ремонта

Характерными дефектами корпусов аппаратов, проявляющимися в процессе эксплуатации, являются:

а) трещины всех видов и направлений в сварных швах, околошовной зоны и в основном металле;

б) коррозионное поражение сварных швов и основного металла в виде сплошной равномерной или неравномерной коррозии, локальной коррозии (язвы, питтинги и т.п.);

в) эрозионный износ;

г) гофры, вмятины, выпучины и другие виды деформации корпуса; д) расслоение металла (отдулины).

Для определения величины дефектов и определения дефектных участков применяются следующие методы:

- визуальный и измерительный для выявления деформации корпуса, коррозии, эрозии, трещин;

- ультразвуковой, для обнаружения внутренних скрытых дефектов сварных швов и основного металла;

- радиографический;

- акустической эмиссии для выявления склонных к развитию в диапазоне нагрузок, используемых при испытаниях, определение их местонахождения;

- капиллярная дефектоскопия для определения дефектов сварных швов и основного металла, выходящие на поверхность;

- магнитопорошковый, для определения дефектов сварных швов и основного металла, выходящие на поверхность и залегающие в подповерхностном слое;

- магнитографический, для определения внутренних дефектов сварных швов, а так же выходящих на поверхность;

- электропотенциальный, для определения глубины трещин, выходящих на поверхность.

Выбор способов устранения дефективных участков корпусов аппаратов производится с учетом :

а) вида дефектов (трещины, коррозия, деформация корпуса и т.д.);

б) конструкции корпуса (толщина стенки, наличие приварных внутренних устройств и т.д.);

в) материального исполнения корпуса;

г) экономической целесообразности выбранного способа. Ремонт корпусов аппаратов производится тремя способами: а) заварка дефекта или наварка дефектного участка;

б) заделка дефектного участка установкой вставок (заплат), сменой листа обечайки, днища, штуцера;

в) удаление дефекта. При этом остаточная толщина стенки должна обеспечить прочность работы сосуда, что должно быть подтверждено расчетами.

Особенности ремонта и монтажа конкретных видов технологического оборудования химических производств (теплообменные, колонные, емкостные, реакционные аппараты и т.д.) представлены в специальной литературе, список которой рекомендован данным методическим пособием.

#### **Тема 4 Надежность динамического оборудования**

Улучшение энергетических и экологических показателей теплоэнергетических комплексов в основном достигается за счет улучшения качества топлива, усовершенствования процессов горения топлива. Основными факторами, определяющими ценность топлива, является его теплотворная

способность, определяемая количеством тепла, выделяющегося при полном сгорании единицы массы топлива, физическими свойствами рабочего тела, содержанием вредных примесей в продуктах сгорания. Одним из наиболее радикальных средств повышения эффективности работы теплоэнергетических установок является улучшение качественных характеристик топлива, позволяющих интенсифицировать процесс горения, получить от единицы массы топлива большее количество энергии. Особые трудности по оптимизации процесса сгорания возникают при использовании в дизельных двигателях, котлоагрегатах высоковязких мазутов, получаемых из остаточных фракций нефтепереработки. В мазуте, как конечном продукте нефтепереработки, сосредотачиваются наиболее тяжелые компоненты углеводородов, продукты термического крекинга, окисления, полимеризации, коксования; балласт-негорючая часть, состоящая из минеральной массы, металлов, золы, механических примесей. В процессе крекинга остаточные продукты обедняются водородом, что приводит к снижению теплотворной способности, жаропроизводительности мазута. Качество мазута начинает ухудшаться сразу после завершения крекинга нефти, во время транспортировки, при длительном хранении в емкостях; мазут окисляется, полимеризуется, насыщается биологическими организмами, обводняется; вследствие химических реакций углеводороды мазута превращаются в твердые, выпадающие в осадок продукты. Опыт эксплуатации дизелей на тяжелых сортах топлива Соединения, входящие в состав остаточных нефтяных топлив, асфальтенов, смол, желеобразных сгущений, имеют длинные, развитые молекулярные цепи, с невысокой стабильностью связей С - С, которые могут быть разорваны под воздействием высокочастотных колебаний, термического подогрева, за счет массообменных процессов между слоями обрабатываемой среды.

Термодинамическая устойчивость углеводородов понижается с повышением температуры, с увеличением молекулярной массы, времени пребывания обрабатываемого потока в области высокочастотных колебаний, интенсивности кавитационных процессов, градиента изменения давления в зоне химических реакций, площади поверхности фазовых переходов.

В гомогенизаторах, изготавливаемой ЦЭТ «Гидротопливо» установки УКДГ-89М, с контролируемой интенсивностью кавитационных процессов, с обработкой высоковязкого топлива на энергетическом уровне фазовых превращений; углеводородные молекулы расщепляются на более легкие, активные радикалы, обуславливающие кардинальное улучшение основных, качественных характеристик, топлива. (1)

Поле разрушения высокочастотными акустическими колебаниями

длинных углеводородных молекул, образовавшиеся легкие активные радикалы интенсивно перемешиваются вихревым потоком в объеме обрабатываемой среды, вступают в реакцию с молекулами водорода, остаточных углеводородных фракций.

После обработки мазута М-100 в гидродинамических устройствах установки УКДГ-89М, на энергетическом уровне фазовых превращений, вязкость уменьшалась в 4,5 раза, плотность на 3% /соответственно объем мазута увеличивался также на 3%, / температура вспышки снижалась в среднем на 30%, конгломераты остаточных фракций измельчались до размерного ряда частиц 1 -5 мкм. Происходящие изменения физико-химической структуры мазута М-100 можно было наблюдать визуально, сравнивая отобранные пробы.

Необработанный мазут М-100 в емкости с отобранной пробой застывал при температуре +35 °С, имел вязкую, консистентную структуру, модифицированный же мазут, при данной температуре, свободно плескался в емкости, легко стекал с пробной палочки. Смесь топлив приготовленная на базе 30% мазута Ф-5 и дизельного топлива после обработки в установке имела вязкость меньшую чем у необработанного дизельного топлива.(2)

Технические характеристики установки УКДГ-89М.

Комплект гидродинамических устройств может размещаться в топливных системах энергетических установок фрагментарно, действует от энергии потока штатных насосов топливной системы. В этом случае применяется система управления подводом смешиваемых компонентов аналогичная используемой в установке УКДГ-89М. Управление потоком топлива поступающего к смесителям осуществляется посредством штатных элементов топливной системы энергетической установки.

Обработка дизельного топлива в гомогенизаторе-смесителе вихревом установки УКДГ-89М, при пониженной температуре окружающей среды.

Дизельное топливо содержит растворенные парафиновые соединения, которые при пониженной температуре кристаллизуются, с объединением кристаллов, в объеме топлива образуется кристаллическая решетка, препятствующая движению топлива в трубопроводах, прохождению топлива через фильтры двигателей. С понижением температуры, в летнем дизельном топливе начинается процесс помутнения уже при температуре 0 °С - + 3 °С, при температуре - 10 °С топливо теряет подвижность.

В процессе обработки дизельного топлива в ультразвуковом, интенсивном авиационном поле вихревого потока, парафиновые углеводородные соединения расщепляются на легкие, растворенные газовые фракции, активные радикалы. После модификации молекул углеводородов

кристаллизация, повышение вязкости в обработанном дизельном топливе прекращается. Гомогенизатор-смеситель вихревой является эффективным теплогенератором, прокачивание топлива через его рабочие органы, позволяет повышать температуру в емкости для хранения дизтоплива, и соответственно, предотвращать кристаллизацию парафиновых соединений.

Применяется на нефтебазах, на судах бункеровщиках для приготовления гомогенизированных топливных смесей.

Заключительной стадией технологического процесса приготовления питательной воды для паровых котлов является удаление растворенных в ней агрессивных газов, в первую очередь кислорода, а также углекислоты, вызывающих коррозию металла теплосиловых установок. Кислородная коррозия является наиболее опасной, так как она проявляется на отдельных участках поверхности металла в виде небольших язвин и развивается в глубину металла вплоть до образования сквозных свищей. Для современных паровых котлов большой паропроизводительности даже самая незначительная концентрация растворенного в питательной воде кислорода может быть причиной нарушения нормальной работы и выхода из строя отдельных элементов их, из которых в первую очередь обычно подвергается коррозии экономайзер. Таким образом, для обеспечения надежной эксплуатации современных паровых котлов необходимо стремиться к практически полному отсутствию в питательной воде растворенного кислорода.

Гидродинамические интенсификаторы технологических процессов нефтепереработки (ГИТПН).

В рабочих органах интенсификаторов, вследствие, ультразвукового, кавитационного, термического воздействия, фазовых превращений вещества в вихревом несущем потоке, молекулярная структура нефтепродуктов, кардинально изменяет свои свойства. В результате фазовых превращений, деструктивного воздействия, длинные молекулы углеводородов расщепляются на более короткие газовые фракции C<sub>2</sub> - C<sub>5</sub>, легкого дистиллятного топлива C<sub>8</sub> - C<sub>10</sub>, дизельного топлива C<sub>15</sub>. Вновь образовавшиеся активные радикалы, свободные электроны вступают в химические реакции, взаимодействие с молекулами углеводородов, ускоренно расширяя область реакции в объеме потока. Радикалы, имеющие более сложное строение, распадаются на более простые, ускоряют реакционные процессы крекинга нефти.(3)

Анализами, проведенными после обработки мазута М-100 в интенсификаторе, при температуре подогрева 90°С, было установлено, что отобранные пробы топлива насыщены пузырьками газовых фракций, соединениями дизельного топлива, вязкость мазута, вследствие, осуществления фазовых превращений, уменьшилась со 120 сСт до 25 сСт т. е. в 4,5 раза,

плотность на 3%, температура вспышки снизилась на 30%, дисперсность остаточных фракций топлива находится в пределах размерного ряда 1-5 мкм. Таки образом, следует констатировать, что в интенсификаторе технологических процессов нефтепереработки, крекинг сырья осуществляется ещё до его поступления в реакционные колонны, в которых затем остаётся произвести только окончательную корректировку свойств нефтепродуктов, распределить выделившиеся фракции по точкам отбора.(4)

Предварительная деструкция конгломератов тяжелых фракций позволяет резко замедлить в процессе крекинга коксообразование, снизить температуру застывания мазута, ускорить динамику расщепления тяжелых молекул углеводородов, увеличить до 90% содержание светлых газойлевых фракций, повысить качество нефтепродуктов, сократить время технологических процессов. Энергозатраты на реализацию технологических процессов нефтепереработки, с применением интенсификатора, значительно снижаются, в ректификационных колоннах уменьшается температура крекинга, одновременно резко улучшаются экологические характеристики окружающей среды. Оборудование устанавливается в технологическую схему процесса крекинга на участке подвода сырья в реакционную печь, а также на линии возврата мазута для его повторной обработки в вакуумной колонне. Геометрические размеры, производительность интенсификаторов - ГИТПН рассчитываются в зависимости от параметров состояния потока обрабатываемого сырья. На фото интенсификатор, производительность 250 м3/ч.

### **Список использованных источников**

1. Абиев, Р.Ш. Надежность механического оборудования и комплексов: учебник / Р.Ш. Абиев, В.Г. Струков. – СПб.: Изд-во "Проспект науки", 2012. – 224 с.
2. Богданов, В. С. Технологические комплексы и механическое оборудование предприятий строительной индустрии: учебник для вузов / В. С. Богданов, С. Б. Булгаков, А. С. Ильин. - СПб.: Проспект науки, 2010. – 623 с.
3. Богданов, В. С. Механическое оборудование специального назначения и технологические схемы производственных комплексов предприятий строительных материалов : Атлас конструкций: учеб.пособие для вузов / В. С. Богданов, С. И. Ханин, Р. Р. Шарапов; Белгород. гос. технол. ун-т им. В. Г. Шухова. – Белгород : Изд-во БГТУ, 2009. - 231 с.
4. Никулин, А. Д. Проектирование предприятий строительных материалов, изделий и конструкций: учебное пособие по специальности 270106 - Производство строительных материалов, изделий и конструкций направления подготовки 270100 - Строительство / А. Д. Никулин, Е. И. Шмитько, Б. М. Зуев. - СПб. : Проспект науки,



2006. - 351 с. : ил.

5. Абиев, Р.Ш. Основы квалиметрии в химической технике и технологии: Учебное пособие/ Р.Ш. Абиев. - СПб.: Изд-во «Менделеев», 2007. – 213 с.

6. Синопальников, В.А. Надежность и диагностика технологических систем: Учебник для вузов/ В. А. Синопальников, С. Н. Григорьев. - М.: Высш школа, 2005. - 343 с.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

## **Методические указания**

по выполнению самостоятельной работы  
по дисциплине «Надежность оборудования химических и нефтехимических  
производств»

15.03.02 Технологические машины и оборудование  
направленность (профиль) Цифровые технологии проектирования и управления  
технологическим оборудованием

(ЭЛЕКТРОННЫЙ ДОКУМЕНТ)

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
1 Общая характеристика самостоятельной работы студента при изучении дисциплины.....	5
2 План-график выполнения самостоятельной работы.....	6
3 Контрольные точки и виды отчетности по ним.....	7
4 Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания.....	7
5 Тематический план дисциплины.....	8
6 Вопросы для собеседования.....	9
7 Методические рекомендации по изучению теоретического материала.....	11
8 Методические рекомендации по организации самостоятельной работы студентов	12
9 Методические рекомендации при работе над конспектом во время проведения лекции.....	12
10 Методические рекомендации по подготовке к практическим занятиям.....	13

## Введение

Настоящее пособие разработано на основе:

- Федерального закона от 29 декабря 2012 г. № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации»;
- Федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования (далее ФГОС ВО);
- нормативно-методических документов Минобрнауки России;
- Устава ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет»;
- Приказом Минобрнауки России от 06.04.2021 N 245 «Об утверждении Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования - программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры» (Зарегистрировано в Минюсте России 13.08.2021 N 64644);
- локальных нормативных актов ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет».

На современном рынке труда конкурентоспособным может стать только квалифицированный работник соответствующего уровня и профиля, компетентный, свободно владеющий своей профессией и ориентированный в смежных областях деятельности, способный к эффективной работе по специальности на уровне мировых стандартов и готовый к постоянному профессиональному росту.

Самостоятельная работа студента направлена на достижение целей подготовки специалистов-профессионалов, активное включение обучаемых в сознательное освоение содержания образования, обеспечение мотивации, творческое овладение основными способами будущей профессиональной деятельности. Чтобы подготовить и обучить такого профессионала, высшим учебным заведениям необходимо скорректировать свой подход к планированию и организации учебно-воспитательной работы. Это в равной степени относится к изменению содержания и характера учебного процесса. В современных реалиях задача преподавателя высшей школы заключается в организации и направлении познавательной деятельности студентов, эффективность которой во многом зависит от их самостоятельной работы. В свою очередь, самостоятельная работа студентов должна представлять собой не просто самоцель, а средство достижения прочных и глубоких знаний, инструмент формирования активности и самостоятельности студентов.

В связи с введением в образовательный процесс новых образовательных стандартов, с уменьшением количества аудиторных занятий по дисциплинам возрастает роль самостоятельной работы студентов. Возникает необходимость оптимизации самостоятельной работы студентов (далее - СРС). Появляется необходимость модернизации технологий обучения, что существенно меняет подходы к учебно-методическому и организационно-техническому обеспечению учебного процесса.

Данная методическая разработка содержит рекомендации по организации, управлению и обеспечению эффективности самостоятельной работы студентов в процессе обучения в целях формирования необходимых компетенций.

Самостоятельная работа студентов является обязательным компонентом учебного процесса для каждого студента и определяется учебным планом. Виды самостоятельной работы студентов определяются при разработке рабочих программ и учебных методических комплексов дисциплин содержанием учебной дисциплины. При определении содержания самостоятельной работы студентов следует учитывать их уровень самостоятельности и требования к уровню самостоятельности выпускников для того, чтобы за период обучения искомый уровень был достигнут. Так, удельный вес самостоятельной работы при обучении в очной форме составляет до 50% от количества аудиторных часов, отведённых на изучение дисциплины, в заочной форме - количество часов, отведенных на освоение дисциплины, увеличивается до 90%.

Самостоятельная работа определяется как индивидуальная или коллективная учебная деятельность, осуществляемая без непосредственного руководства педагога, но по его заданиям и под его контролем.

Самостоятельная работа – это познавательная учебная деятельность, когда последовательность мышления студента, его умственных и практических операций и действий зависит и определяется самим студентом. Самостоятельная работа студентов способствует развитию самостоятельности, ответственности и организованности, творческого подхода к решению проблем учебного и профессионального уровня, что в итоге приводит к развитию навыка самостоятельного планирования и реализации деятельности.

Целью самостоятельной работы студентов является овладение необходимыми компетенциями по своему направлению подготовки, опытом творческой и исследовательской деятельности.

На основании компетентностного подхода к реализации профессиональных образовательных программ, видами заданий для самостоятельной работы являются:

- *для овладения знаниями*: чтение текста (учебника, первоисточника, дополнительной литературы), составление плана текста, графическое изображение структуры текста, конспектирование текста, выписки из текста, работа со словарями и справочниками, ознакомление с нормативными документами, учебно-исследовательская работа, использование аудио- и видеозаписей, компьютерной техники и информационно- телекоммуникационной сети Интернет и др.

- *для закрепления и систематизации знаний*: работа с конспектом лекции, обработка текста (учебника, первоисточника, дополнительной литературы, аудио и видеозаписей), повторная работа над учебным материалом, составление плана, составление таблиц для систематизации учебного материала, ответ на контрольные вопросы, заполнение рабочей тетради, аналитическая обработка текста (аннотирование, рецензирование, реферирование, конспект-анализ и др.), завершение аудиторных практических работ и оформление отчётов по ним, подготовка мультимедиа сообщений/докладов к выступлению на семинаре (конференции), материалов-презентаций, подготовка реферата, составление библиографии, тематических кроссвордов, тестирование и др.

- *для формирования умений*: решение задач и упражнений по образцу, решение вариативных задач, выполнение чертежей, схем, выполнение расчетов (графических работ), решение ситуационных (профессиональных) задач, подготовка к деловым играм, проектирование и моделирование разных видов и компонентов профессиональной деятельности, рефлексивный анализ профессиональных умений с использованием аудио- и видеотехники и др.

Самостоятельная работа может осуществляться индивидуально или группами студентов в зависимости от цели, объема, конкретной тематики самостоятельной работы, уровня сложности, уровня умений студентов.

Контроль результатов самостоятельной работы студентов может осуществляться в пределах времени, отведенного на обязательные учебные занятия по дисциплине и внеаудиторную самостоятельную работу студентов по дисциплине, может проходить в письменной, устной или смешанной форме.

Самостоятельная работа проводится в виде упражнений при изучении нового материала, упражнений в процессе закрепления и повторения, упражнений проверочных и контрольных работ, а также для самоконтроля.

Для организации самостоятельной работы необходимы следующие условия:

1. готовность студентов к самостоятельному труду;
2. наличие и доступность необходимого учебно-методического и справочного материала;
3. консультационная помощь.

Самостоятельная работа может проходить в лекционном кабинете, компьютерном зале, библиотеке, дома. Самостоятельная работа способствует формированию компетенций, тренирует волю, воспитывает работоспособность, внимание, дисциплину и ответственность.

## 1 Общая характеристика самостоятельной работы студента при изучении дисциплины

Дисциплина «Общая химическая технология» относится к дисциплине обязательной части. Она направлена на формирование общепрофессиональных компетенций обучающихся в процессе выполнения работ, определенных ФГОС ВО.

Наименование компетенций:

Код, формулировка компетенции	Код, формулировка индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), характеризующие этапы формирования компетенций, индикаторов
<b>ПК-1</b> Способен проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектных решений	ИД-1 ПК-1 Способность выполнять оценку рисков возникновения ситуаций в химико-технологическом оборудовании  ИД-2 ПК-1 осуществляет внедрение новых методов и средств технического контроля ИД-3 ПК-1 Способность оценивать показатели технического состояния и остаточный ресурс технологического оборудования	<b>Пороговый уровень</b> Знает методы моделирования надежности, функции распределения отказов  <b>Повышенный уровень</b> Знает теоретические основы оценки технического состояния и остаточного ресурса технологического оборудования;

В рамках курса дисциплины «Надежность оборудования химических и нефтехимических производств» самостоятельная работа студентов находит активное применение и включает в себя различные виды деятельности:

- подготовка к практическим занятиям, в том числе работа с методическими указаниями, средствами массовой информации;
- подготовка к лекциям, в том числе самостоятельное углубленное изучение теоретического курса по рекомендованной литературе;
- подготовка курсовой работы;
- подготовка к промежуточной аттестации.

Цель самостоятельной работы студента при подготовке к лекциям заключается в получении новых знаний, приобретенных при более глубоком изучении литературы по дисциплине.

Задачи:

- доработка и повторение конспектов лекции;
- осмысление содержания лекции, логической структуры, выводов.

Цель самостоятельной работы студента при подготовке к практическим занятиям заключается в углублении, расширении, детализировании знаний, полученных на лекциях в обобщенной форме.

Задачи:

- развить способность применять полученные знания на практике при решении конкретных задач;
- проверить знания студентов, полученные на лекциях и при самостоятельном изучении литературы.

Цель самостоятельной работы студента при подготовке курсовой работы заключается в возможности более глубокого изучения вопросов курса дисциплины, которые в рамках аудиторных занятий не могут быть изучены достаточно подробно.

Задачи:

– обобщение, повторение и углубление материала полученного на лекциях и практических занятиях.

– выработка собственного взгляда и мнения по проблеме исследования;

Цель самостоятельной работы студента при подготовке к экзамену заключается в повторении и закреплении всего изученного материала.

Задачи:

– научиться анализировать и систематизировать все знания, накопленные при изучении программного материала: данные учебника, записи лекций, заметки, сделанные во время консультаций и практических занятий.

## 2 План-график выполнения самостоятельной работы

Таблица 1 – Виды самостоятельной работы для очной формы обучения

Коды реализуемых компетенций, индикатора(ов)	Вид деятельности студентов	Средства и технологии оценки	Объем часов, в том числе		
			СРС	Контактная работа с преподавателем	Всего
5 семестр					
ПК-1	Подготовка к практическому занятию	Конспект, собеседование	2,565	0,135	2,7
	Самостоятельное изучение литературы	Конспект, собеседование	68,735	2,565	51,3
	Выполнение курсовой работы	Задания для курсовой работы	25,5	1,5	27
Итого за 5 семестр			94,5	4,2	81

## 3 Контрольные точки и виды отчетности по ним

В рамках рейтинговой системы успеваемость студентов по каждой дисциплине оценивается в ходе текущего контроля и промежуточной аттестации.

## 4 Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

Компетенция (ии), индикатор (ы)	Уровни сформированности компетенци(ий),			
	Минимальный уровень не достигнут (Неудовлетворит)	Минимальный уровень (удовлетворительно)	Средний уровень (хорошо) 4 балла	Высокий уровень (отлично) 5 баллов

	ельно) 2 балла	3 балла		
<i>Компетенция: ПК-1 Способен организовать контроль качества продукции на всех стадиях производственного процесса</i>				
Результаты обучения по дисциплине (модулю): <i>Индикатор:</i> ПК-1 ИД-1 Способен выполнять оценку рисков возникновения критических ситуаций в химико-технологическом оборудовании	не имеет достаточно полное представление об основах оценки технического состояния и остаточного ресурса технологического оборудования, но делает небольшие ошибки при формулировке задач	не в достаточном объеме понимает об основах оценки технического состояния и остаточного ресурса технологического оборудования, делает небольшие ошибки при формулировке задач;	понимает, об основах оценки технического состояния и остаточного ресурса технологического оборудования, но делает небольшие ошибки при формулировке задач;	понимает, об основах оценки технического состояния и остаточного ресурса технологического оборудования, не делает ошибки при формулировке задач;
ПК-1 ИД-2 Способен оценивать Показатели технического состояния и остаточный ресурс технологического оборудования	не использует значительную часть методов диагностики отказов технологических машин и оборудования	не в достаточном объеме использует значительную часть методов диагностики и отказов технологических машин и оборудования	использует значительную часть методов диагностики отказов технологических машин и оборудования	Способен корректно использовать значительную часть методов диагностики и отказов технологических машин и оборудования
ПК-1 ИД-3 осуществляет проведение испытаний новых показателей технического состояния и остаточный ресурс технологического оборудования	не применяет навыки самостоятельно оценки остаточного ресурса изделий и узлов	не в достаточном объеме применяет навыки самостоятельной оценки остаточного ресурса изделий и узлов	применяет навыки самостоятельно оценки остаточного ресурса изделий и узлов	разрабатывает рабочую проектную и техническую документацию, применяет навыки самостоятельной оценки остаточного ресурса изделий и узлов;



## 5 Тематический план дисциплины

№	Раздел (тема) дисциплины	Реализуемые компетенции, индикаторы	Контактная работа обучающихся с преподавателем, часов				Самостоятельная работа, часов
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Групповые консультации	
<b>Очная форма обучения</b>							
5 семестр							
1	<b>Основы теории надежности</b> Общие соотношения теории надежности. Надежность простых систем.	ПК-1	10,5	5,5			20,5
2	Трение, смазка и износ оборудования Механический, коррозионный, абразивный, эрозийный		10,5	3			54
3	Основы технической диагностики Анализ и диагностика отказов с использованием информационных графов. Дерево отказов.		7	5			20
	ИТОГО за 5 семестр		27	13,5			94,5

Приступая к работе, каждый студент должен принимать во внимание следующие положения.

Дисциплина (модуль) построена по тематическому принципу, каждая тема представляет собой логически завершенный раздел.

Лекционный материал посвящен рассмотрению ключевых, базовых положений дисциплины (модуля) и разъяснению учебных заданий, выносимых на самостоятельную работу студентов.

Практические занятия проводятся с целью закрепления усвоенной информации, приобретения навыков ее применения при решении практических задач в соответствующей предметной области.

Самостоятельная работа студентов направлена на самостоятельное изучение дополнительного материала, подготовку к практическим занятиям, а также выполнения всех видов самостоятельной работы.

Для успешного освоения дисциплины, необходимо выполнить все виды самостоятельной работы, используя рекомендуемые источники информации.

## **6. Вопросы к экзамену**

### **Вопросы к экзамену**

- 1) Основные понятия и определения теории надежности. Классификация состояний объектов.
- 2) Отказы. Критерии и классификация отказов.
- 3) Понятие надежности. Безотказность. Долговечность. Ремонтпригодность. Сохраняемость.
- 4) Количественные характеристики надежности.
- 5) Общие соотношения теории надежности.
- 6) Надежность простых систем. Надежность систем с резервированием.
- 7) Кривая интенсивности отказов. Совместное действие внезапных и постепенных отказов.
- 8) Особенности надежности восстанавливаемых изделий.
- 9) Надежность комбинированных систем с резервированием. Многоконтурное резервирование.
- 10) Статистические моменты функций случайных величин.
- 11) Виды трения.
- 12) Смазочные материалы. Смазочные масла, их основные характеристики.
- 13) Смазочные материалы. Консистентные смазки.
- 14) Присадки к смазочным материалам. Твердые смазочные материалы. Самосмазывающиеся материалы.
- 15) Механический износ. Механизм износа металлических поверхностей.
- 16) Механический износ. Механизмы износа полимеров и эластомеров.
- 17) Стадии износа пар трения.
- 18) Коррозионный износ. Методы борьбы с коррозионным износом.
- 19) Абразивный и эрозионный износ.
- 20) Эрозионный и кавитационный износ.
- 21) Усталостный износ.
- 22) Фреттинг-коррозия. Трение в вакууме и при низких температурах.
- 23) Основные понятия технической диагностики.
- 24) Методы и средства диагностики износа.
- 25) Методы диагностики усталостных повреждений.
- 26) Обнаружение и контроль утечек.
- 27) Особенности диагностирования машин, механизмов и аппаратов.

- 28) Анализ и диагностика отказов с использованием информационных графов.
- 29) Метод «дерева отказов».
- 30) Показатели качества промышленной продукции.
- 31) Статистические методы входного контроля качества промышленной продукции. Выборочный приемочный контроль.
- 32) Одноступенчатый выборочный контроль.
- 33) Двухступенчатый выборочный контроль.
- 34) Риски поставщика и потребителя.
- 35) Численные характеристики планов приемочного контроля.
- 36) Стандарты планов приемочного контроля. Колумбийский стандарт.

## 7 Методические рекомендации по изучению теоретического материала

Самостоятельная работа студента в ходе **лекционных занятий** включает изучение вопросов теории, вынесенных на самостоятельное изучение в соответствии с рабочей программой дисциплины, проработку лекционных материалов для подготовки к контролю знаний на лекционных занятиях (опрос) и подготовку вопросов для обсуждения при консультации с преподавателем.

Работа с лекционным материалом не завершается по окончании лекции. На 2 часа лекции необходимо затратить около часа на работу с конспектом. За это время необходимо перечитать записи, пополнить их данными, которые удалось запомнить из речи преподавателя, но не удалось записать. Работая с конспектом, нужно отметить непонятные вопросы для выяснения которые у преподавателя на консультации. Отдельно следует выделить связанные с темой лекции вопросы, которые преподаватель поручил проработать самостоятельно.

Активно проработанный в течение семестра конспект лекций в дальнейшем служит основой для подготовки к экзамену.

Вопросы для самостоятельного изучения представлены в п. 5.

Самостоятельная работа в ходе **практических работ** включает выполнение заданий к практическим занятиям, в частности решение задач различного уровня сложности. Задачи приведены в методических указаниях к практическим занятиям и фондах оценочных средств.

Зная тему практического занятия, необходимо готовиться к нему заблаговременно. Для эффективной подготовки к практическому занятию необходимо иметь методическое руководство к практическим работам.

Критерии оценивания практических занятий представлены в фонде оценочных средств.

При проверке практического задания, оцениваются: последовательность и рациональность изложения материала; полнота и достаточный объем ответа; научность в оперировании основными понятиями; использование и изучение дополнительных литературных источников.

Самостоятельная работа в ходе подготовки **курсовой работы**. Студенты выполняют КР по индивидуальным темам, выбираемым по согласованию с преподавателем, в соответствии с приведенной тематике. КР выполняется печатным способом и в виде презентации.

КР являются важнейшим средством изучения учебных дисциплин, повышения теоретического и методического уровня знаний студентов. Это самостоятельная научно-исследовательская работа студента, где раскрывается суть исследуемой студентом проблемы, изложение материала носит проблемно-тематический характер, показываются различные точки зрения, а также собственные взгляды на проблему.

Выполнение письменных заданий поможет поэтапно включиться в учебно-исследовательскую, а затем в научно-исследовательскую работу, которая способствует формированию творческих качеств и творческого отношения к своей профессии.

## **8 Методические рекомендации по организации самостоятельной работы студентов**

Самостоятельная работа является одним из видов учебной деятельности обучающихся, способствует развитию самостоятельности, ответственности и организованности, творческого подхода к решению проблем учебного и профессионального уровня.

Аудиторная самостоятельная работа по учебной дисциплине осуществляется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию.

Внеаудиторная самостоятельная работа выполняется по заданию преподавателя без его непосредственного участия.

Виды заданий для внеаудиторной самостоятельной работы, их содержание и характер могут иметь вариативный и дифференцированный характер, учитывать специфику изучаемой учебной дисциплины, индивидуальные особенности обучающегося.

Контроль самостоятельной работы и оценка ее результатов организуется как единство двух форм:

1. самоконтроль и самооценка обучающегося;
2. контроль и оценка со стороны преподавателя.

## **9 Методические рекомендации при работе над конспектом во время проведения лекции**

В ходе лекционных занятий вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации, положительный опыт в ораторском искусстве. Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых делать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

В ходе подготовки к семинарам изучить основную литературу, ознакомиться с дополнительной литературой, новыми публикациями в периодических изданиях: журналах, газетах и т.д. При этом учесть рекомендации преподавателя и требования учебной программы. Дорабатывать свой конспект лекции, делая в нем соответствующие записи из литературы, рекомендованной преподавателем и предусмотренной учебной программой. Подготовить тезисы для выступлений по всем учебным вопросам, выносимым на семинар. Готовясь к докладу или реферативному сообщению, обращаться за методической помощью к преподавателю. Составить план-конспект своего выступления. Продумать примеры с целью обеспечения тесной связи изучаемой теории с реальной жизнью. Своевременное и качественное выполнение самостоятельной работы базируется на соблюдении настоящих рекомендаций и изучении рекомендованной литературы. Студент может дополнить список использованной литературы современными источниками, не представленными в списке рекомендованной литературы, и в дальнейшем использовать собственные подготовленные учебные материалы при написании работ.

## **10 Методические рекомендации по подготовке к практическим занятиям**

Практическое занятие – один из самых эффективных видов учебных занятий, на которых студенты учатся творчески работать, аргументировать и отстаивать свою позицию, правильно и доходчиво излагать свои мысли перед аудиторией. Основное в подготовке и проведении практических занятий – это самостоятельная работа студента над изучением темы. Студент обязан точно знать план занятия либо конкретное задание к нему. На занятии обсуждаются узловые вопросы темы, однако там могут быть и такие, которые не были предметом рассмотрения на лекции. Могут быть и специальные задания к той или иной теме.

Готовиться к практической работе следует заранее. Необходимо внимательно ознакомиться с планом и другими материалами, уяснить вопросы, выносимые на обсуждение. Затем нужно подобрать литературу и другой необходимый, в т.ч. рекомендованный, материал (через библиотеку, учебно-методический кабинет кафедры и др.). Но прежде всего, следует обратиться к своим конспектам лекций и соответствующему разделу учебника. Изучение всех источников должно идти под углом зрения поиска ответов на выносимые на практико-ориентированные занятия вопросы.

Завершающий этап подготовки к занятиям состоит в выполнении индивидуальных заданий.

В случае пропуска занятия студент обязан подготовить материал и отчитаться по нему перед преподавателем в обусловленное время. Может быть предложено отдельным бакалаврам, ввиду их слабой подготовки, более глубоко освоить материал и прийти на индивидуальное собеседование.

Студент не допускается к промежуточной аттестации, если у него есть задолженность по практическим работам.