

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра ремонта тракторов, автомобилей
и сельскохозяйственных машин

**РЕМОНТ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ.
ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ПРОЦЕСС
РЕМОНТА МАШИН**

Практикум

Минск
БГАТУ
2012

УДК 631.3(07)
ББК 42.72я7
Р 38

*Рекомендовано научно-методическим советом
факультета «Технического сервиса в АПК» БГАТУ.
Протокол № 3 от 28 апреля 2010 г.*

Составители:

кандидат технических наук, доцент *Г. И. Анискович*,
кандидат экономических наук, доцент *П. А. Дроздов*,
кандидат технических наук, доцент *В. А. Лойко*,
кандидат технических наук, доцент *В. В. Мирутко*,
кандидат технических наук, доцент *В. А. Протасевич*,
кандидат технических наук, доцент *И. В. Редин*,
кандидат технических наук, доцент *Ю. И. Титов*,
старший преподаватель *В. М. Кашко*

Рецензенты:

ученый секретарь РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации
сельского хозяйства, кандидат технических наук *С. И. Лях*;
заведующий кафедрой «Технология металлов» БГАТУ,
доктор технических наук, профессор *В. М. Капцевич*

**Ремонт сельскохозяйственной техники. Производственный
процесс ремонта машин** : практикум / сост.: Г. И. Анискович
[и др.]. – Минск : БГАТУ, 2012. – 188 с.
ISBN 978-985-519-524-6.

УДК 631.3(07)
ББК 42.72я7

ISBN 978-985-519-524-6

© БГАТУ, 2012

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	4
Лабораторная работа 1. НАРУЖНАЯ ОЧИСТКА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ.....	6
Лабораторная работа 2. ПРЕДРЕМОНТНОЕ ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ	30
Лабораторная работа 3. ТЕХНОЛОГИЯ РАЗБОРОЧНО-СБОРОЧНЫХ РАБОТ	49
Лабораторная работа 4. ОЧИСТКА ДЕТАЛЕЙ И СБОРОЧНЫХ ЕДИНИЦ	63
Лабораторная работа 5. ДЕФЕКТАЦИЯ ДЕТАЛЕЙ	88
Лабораторная работа 6. ДЕФЕКТОСКОПИЯ ДЕТАЛЕЙ	103
Лабораторная работа 7. КОМПЛЕКТОВАНИЕ АГРЕГАТОВ, УЗЛОВ И СОЕДИНЕНИЙ ДЕТАЛЕЙ МАШИН	124
Лабораторная работа 8. СТАТИЧЕСКАЯ БАЛАНСИРОВКА ДЕТАЛЕЙ МАШИН.....	148
Лабораторная работа 9. ОБКАТКА И ИСПЫТАНИЕ ДВИГАТЕЛЕЙ	172
ЛИТЕРАТУРА	184

ПРЕДИСЛОВИЕ

Настоящий практикум содержит лабораторные работы, в ходе выполнения которых студенты закрепляют и углубляют теоретические знания и получают практические навыки по наружной очистке машин, предремонтному диагностированию, разборке-сборке, очистке деталей и сборочных единиц, дефектации и дефектоскопии деталей, комплектованию агрегатов и узлов, статической балансировке деталей, обкатке и испытанию двигателей.

Каждая лабораторная работа имеет следующую структуру:

- цель и задачи;
- задание для выполнения работы;
- оснащение рабочего места;
- техника безопасности;
- общие сведения с основными теоретическими положениями;
- порядок выполнения работы;
- требования к отчету;
- контрольные вопросы, на которые студент должен ответить при подготовке к выполнению лабораторной работы.

Выполнение каждой лабораторной работы состоит из следующих самостоятельных этапов, тесно связанных между собой:

- самостоятельная подготовка;
- проверка преподавателем готовности студентов к выполнению лабораторной работы;
- дополнение исходных данных и выполнение лабораторной работы;
- организационно-техническое обслуживание рабочего места;
- оформление отчета и защита результатов работы.

При самостоятельной подготовке к лабораторной работе студентам предлагается готовить исходные данные, расчетные формулы, эскизы, таблицы для очередной работы прорабатывая конспекты, лабораторный практикум и соответствующую литературу.

Объем и порядок самостоятельной работы студентов устанавливает преподаватель на предыдущем занятии.

Примерный план проведения лабораторных работ следующий:

- организационная часть (проверка присутствующих и другие вопросы);
- проверка готовности студентов к выполнению работы (опрос, тестовый контроль знаний);
- проверка комплектности рабочих мест;
- дополнение исходных данных, разработка операций, расчеты, выполнение схем, эскизов и др.;
- изучение органов управления оборудованием и правил техники безопасности;
- выполнение работы в требуемом порядке;
- организационно-техническое обслуживание рабочего места и защита результатов работы.

В зависимости от конкретных условий могут быть приняты и другие организационные решения проведения работ.

К выполнению лабораторных работ студенты допускаются только после того, как они усвоят правила техники безопасности, подтвердив это своей подписью в журнале инструктажа по технике безопасности.

Лабораторная работа 1

НАРУЖНАЯ ОЧИСТКА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

Цель работы – закрепить теоретические знания и получить практические навыки по наружной очистке сельскохозяйственной техники с применением высоконапорных моечных аппаратов.

Студент должен знать: правила безопасной работы, назначение, техническую характеристику, устройство, принцип работы, технологические возможности и правила эксплуатации высоконапорных моечных аппаратов, адаптеры и принадлежности, рекомендуемые к использованию с высоконапорными моечными установками, технологические режимы удаления различных типов загрязнений, системы регенерации воды для аппаратов высокого давления, состав, устройство и принцип работы поста наружной мойки сельскохозяйственной техники с системой оборотного водоснабжения.

Студент должен уметь: обосновать технические требования к наружной очистке объекта, определить оптимальные режимы очистки машин, сборочных единиц и деталей; выбрать необходимые адаптеры для производства моечно-очистных работ и составить ресурсосберегающие технологические маршруты очистки объектов.

Задание для выполнения работы

1. Изучить правила техники безопасности при наружной очистке изделий высоконапорными аппаратами.
2. Ознакомиться с оснащением рабочего места.
3. Изучить назначение, техническую характеристику, устройство и принцип работы высоконапорных моечных аппаратов и адаптеров.
4. Обосновать технические требования, структурную схему технологического процесса и технологические режимы наружной очистки объекта.

5. Изучить и обосновать технологическую схему системы регенерации воды для высоконапорных аппаратов.

6. Изучить состав, устройство и принцип работы поста наружной мойки сельскохозяйственной техники с системой оборотного водоснабжения.

7. Произвести очистку загрязненного объекта.

8. Оформить и защитить отчет.

Оснащение рабочего места

1. Высоконапорный моечный аппарат Kranzle-755.

2. Комплект адаптеров для выполнения моечных операций (турбофреза, пескоструйная и пенная насадки, насадки для промывки трубопроводов, турболазер и др.).

3. Спецодежда (водонепроницаемый комбинезон, резиновые сапоги, перчатки, защитные очки, головной убор).

4. Технические моющие средства («Темп-100Д», МС-6 и др.) и сеяный песок.

5. Устройство для безопасного отвода выхлопных газов и приточно-вытяжная вентиляция.

6. Пожаро-, взрыво- и электробезопасное помещение площадью не менее 20 м² для работы с высоконапорным моечным аппаратом, оборудованное специальной закрытой камерой со смотровыми прозрачными окнами и системой удаления и регенерации отработанного моющего раствора.

7. Изолированное помещение для электрощитовой.

8. Кладовая для хранения инвентаря, технических моющих средств и других материалов.

9. Объект очистки (двигатель или коробка перемены передач, их детали; другие сборочные единицы и детали с различными видами загрязнений).

10. Контейнеры.

11. Грузовая тележка.

12. Грузоподъемное средство (ручная лебедка с механическим приводом).

Техника безопасности

1. Работа с высоконапорным моечным аппаратом должна выполняться только после инструктажа, в присутствии учебного мастера и по его указанию.

2. Работающий аппарат не должен оставаться без присмотра. Запрещается направлять струю воды на людей или животных, электрооборудование или сам аппарат.

3. Во время работы аппарата запрещается дотрагиваться до нагретых металлических деталей пистолета или насадки.

4. Не допускается работа аппарата с поврежденным кабелем и шлангами.

5. При работе с аппаратом необходимо надевать спецодежду (водонепроницаемый комбинезон, резиновые сапоги, перчатки, защитные очки, головной убор и т. д.).

6. Выходящая струя высокого давления образует обратный толчок, а при наличии изогнутой насадки – дополнительный крутящий момент, поэтому удерживать пистолет необходимо крепко обеими руками.

7. Запрещается наклоняться и подносить руку к отверстию, отводящему выхлопные газы.

8. Недопустимо засасывать жидкости, содержащие растворители, разбавители лаков, бензин, масло и другие вещества, способные быстро воспламениться.

9. При эксплуатации аппарата в закрытых помещениях необходимо обеспечить безопасный отвод выхлопных газов и достаточную приточно-вытяжную вентиляцию.

10. Аппарат не разрешается устанавливать и эксплуатировать в пожаро- и взрывоопасных помещениях.

11. После мойки необходимо главный выключатель установить в положение «0» (отсоединить от сети).

Общие сведения

Очистка и мойка объектов на ремонтно-обслуживающих предприятиях являются одной из наиболее важных и трудоемких опера-

ций при технической эксплуатации сельскохозяйственной техники. При использовании типовых технологий в ремонтных мастерских и цехах предприятий по техническому обслуживанию и ремонту сельскохозяйственной техники моечно-очистные участки занимают до 13 % производственных площадей, на операции мойки и очистки приходится 6–8 % от общей трудоемкости текущего ремонта машин, а стоимость моечно-очистного оборудования составляет 10–15 % от общей балансовой стоимости ремонтно-технологического оборудования. Очистка изделий по типовой технологии потребляет до 13 % расходуемой тепловой энергии. Установленная мощность моечно-очистных машин составляет в некоторых случаях до 20 % от установленной мощности технологического оборудования ремонтно-обслуживающего предприятия.

Наличие загрязнения на поверхностях машин, сборных единиц и деталей препятствует обнаружению дефектов, проведению контрольных и регулировочных работ, снижает производительность труда, общую культуру проведения ремонтно-обслуживающих работ, уменьшает, в конечном счете, надежность машин. Особенно актуальной проблемой при выполнении моечно-очистных работ является соблюдение требований экологической безопасности.

Ремонтно-обслуживающие предприятия Республики Беларусь несмотря на сокращение выбросов вредных веществ в окружающую среду в последние годы, в основном, обусловленного сокращением производственных программ по техническому обслуживанию (ТО) и ремонту, по-прежнему являются наиболее серьезными источниками загрязнения водных ресурсов нефтепродуктами, поверхностно-активными веществами, кальцинированной или каустической содой, силикатами натрия, фосфатами и др. вредными веществами. Городские и поселковые системы очистки сточных вод не принимают отработанные моющие растворы на обработку, поскольку они содержат перечисленные выше загрязнения, трудно поддающиеся биологическому разложению, и выводят водоочистные сооружения из строя. Ежегодно ремонтно-обслуживающие предприятия Республики Беларусь потребляют несколько тонн технических моющих средств. В связи с этим возникает острая необходимость в переходе на новые ресурсосберегающие технологии

очистки объектов с бессточными или малоотходными производственными процессами с заменой энерго- и ресурсоемких, массогабаритных и малоэффективных моечных машин на новое универсальное моечное оборудование, позволяющее резко сократить потребление свежей воды и исключить загрязнение окружающей среды сточными водами при внедрении бессточных или оборотных систем водоснабжения.

Большие материальные и трудовые затраты при использовании типовых технологий очистки и достаточно жесткие технические и санитарные требования, предъявляемые к проводимым работам, указывают на необходимость их совершенствования путем перехода на ресурсосберегающие технологии.

Одним из перспективных путей ресурсосбережения является применение экономичных высоконапорных струйных моечных аппаратов, которые отличаются: повышенной гидродинамической мощностью, эффективностью очистки (подогрев воды и применение технических моющих средств (ТМС)), применением специальных адаптеров, обеспечивающих различную форму моющих струй и подачу абразивных материалов для снятия ржавчины, старых лакокрасочных покрытий и других ингредиентов, повышенной надежностью (поршни имеют керамическое покрытие), низкой металлоемкостью и небольшим расходом воды и топлива. Использование экономичных высоконапорных моечных установок позволяет сократить объемы очистных сооружений и затрат на их создание. Кроме того, высоконапорные моечные установки в отличие, например, от камерных или погружных машин обеспечивают выход на оптимальный режим работы в течение нескольких минут.

Вместе с этим эффективность использования рассматриваемого класса моечных аппаратов возможна лишь при знании их технологических возможностей, конструкции и принципа работы, правил эксплуатации, требований по технике безопасности и технологий замкнутого цикла для экономии воды и потребляемых ТМС. При этом предъявляются повышенные технические и санитарные требования к технологическому процессу очистки сельскохозяйственной техники.

Порядок выполнения работы

Изучить назначение, технические характеристики, устройство и принцип работы мониторинных моечных аппаратов и адаптеров

Мониторные моечные аппараты предназначены для гидродинамической очистки поверхностей машин, сборочных единиц и деталей под давлением 0,5–25 МПа, техническая характеристика которых приведена в табл. 1.1.

Таблица 1.1

Технические характеристики мониторинных моечных аппаратов

Показатели	Мониторные моечные аппараты		
	CR3-25*	Kranzle-755	Kranzle-3270 TST
Рабочее давление, МПа	1,6	3,0...15,5	1,0...25,0
Установленная мощность электродвигателя, кВт	2,2	3,3	7,5
Подача воды, м ³ /ч	2,0	0,35...0,75	0,78
Температура, °С: воды	20	до 90	10...20
пароводяной смеси	–	до 140	–
Расход топлива, кг/ч	–	4,9	–
Масса, кг	40	200	82
Габариты (L×B×H), мм	280×180×980	800×1200×1050	480×430×1120
Стоимость, у.е.	1200	3000	1500

* Моечная насосная установка CR3-25, состоящая из электродвигателя и самовсасывающего центробежного насоса, предназначена для предварительной очистки сельскохозяйственной техники оборотной водой.

Высоконапорные моечные аппараты фирм Kranzle, Karcher, WAP и др. относятся к классу универсальных мобильных моечных машин многоцелевого назначения. Они могут применяться для очистки поверхностей от различных типов загрязнений: пылегрязевых, маслянисто-грязевых, остатков удобрений и ядохимикатов, старых лакокрасочных покрытий и продуктов коррозии, нагара, асфальтосмолистых и других отложений; санитарной обработки технологического оборудования животноводческих ферм, перерабатывающих производств и помещений.

Аппарат позволяет вести струйную очистку следующими способами: пароводяной смесью, холодной или горячей водой с добавлением моющих средств или без них, с введением в водную струю абразивных частиц.

Универсальность, быстрый выход на оптимальный режим работы, высокая температура и давление струи, дозирование технических моющих средств и абразивных частиц, небольшой расход воды обеспечивают высокую эффективность очистки и экономичность работы высоконапорного аппарата.

Общий вид и кинематическая схема мобильного моечного аппарата Kranzle-755 представлены соответственно на рис. 1.1 и 1.2.

Аппарат состоит из рамы, ходовой части, водяного и топливного баков, электродвигателей, насоса высокого давления, теплообменника, электромагнитного клапана, форсунки, термостата, регулятора давления, предохранительного клапана, заборного и напорного шлангов, гидромонитора и других элементов.

Принцип действия аппарата состоит в следующем (рис. 1.2). Вода от источника, через соединение 1 и поплавковый клапан поступает в поплавковую камеру 3. После включения двигателя насос 5 начинает всасывать воду из поплавковой камеры, доводит ее до высокого давления и нагнетает через проточный нагреватель 12, пистолет 17 и струйную трубку 18 к соплу высокого давления 19. Рабочее давление и расход воды могут настраиваться регулятором давления и расхода 6. Вода может браться и из открытого резервуара 30. С этой целью к входу насоса следует присоединить всасывающий шланг 31 минимальным условным проходом D_y20 , оснащенный входным фильтром и обратным клапаном.

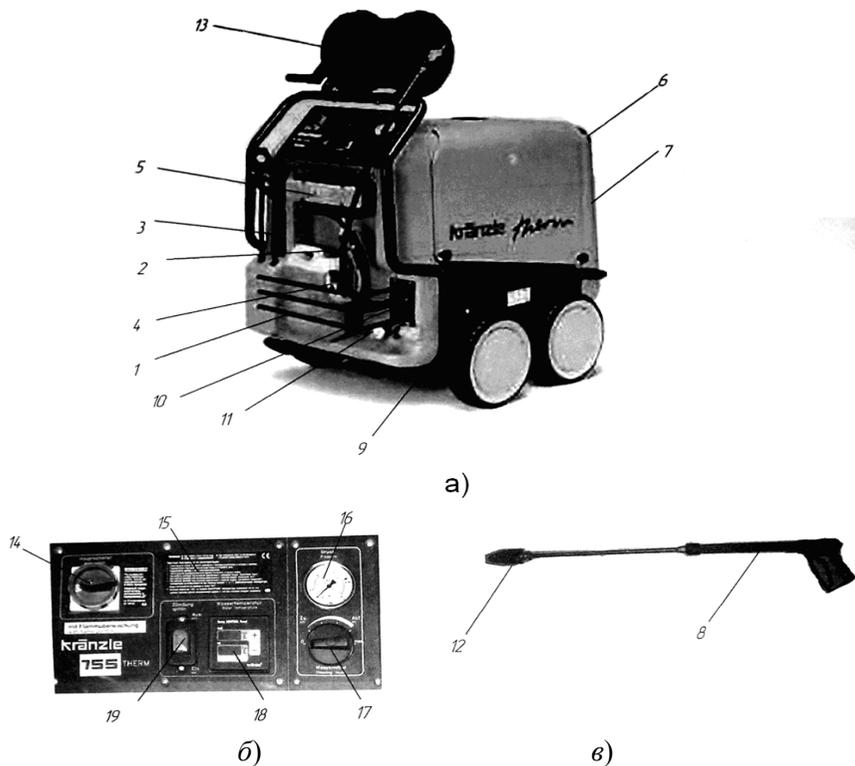


Рис. 1.1. Мобильный моечный аппарат Kranzle-755:

- а – общий вид моечного аппарата Kranzle-755; б – пульт управления;
 в – гидромонитор; 1 – место для хранения принадлежностей;
 2 – электрический соединительный шнур; 3 – место для хранения пистолета и распылительной трубки; 4 – заборный шланг для моющего средства;
 5 – наматыватель для шланга; 6 – люк для заправки топливом; 7 – топливный бак;
 8 – распылительный пистолет; 9 – стояночный тормоз; 10 – сброс высокого давления; 11 – патрубок подключения водяного шланга с фильтром; 12 – сменная распылительная трубка; 13 – шланг высокого давления; 14 – главный выключатель; 15 – краткое руководство по эксплуатации; 16 – манометр;
 17 – клапан дозирования моющего средства; 18 – термостат;
 19 – переключатель системы нагрева

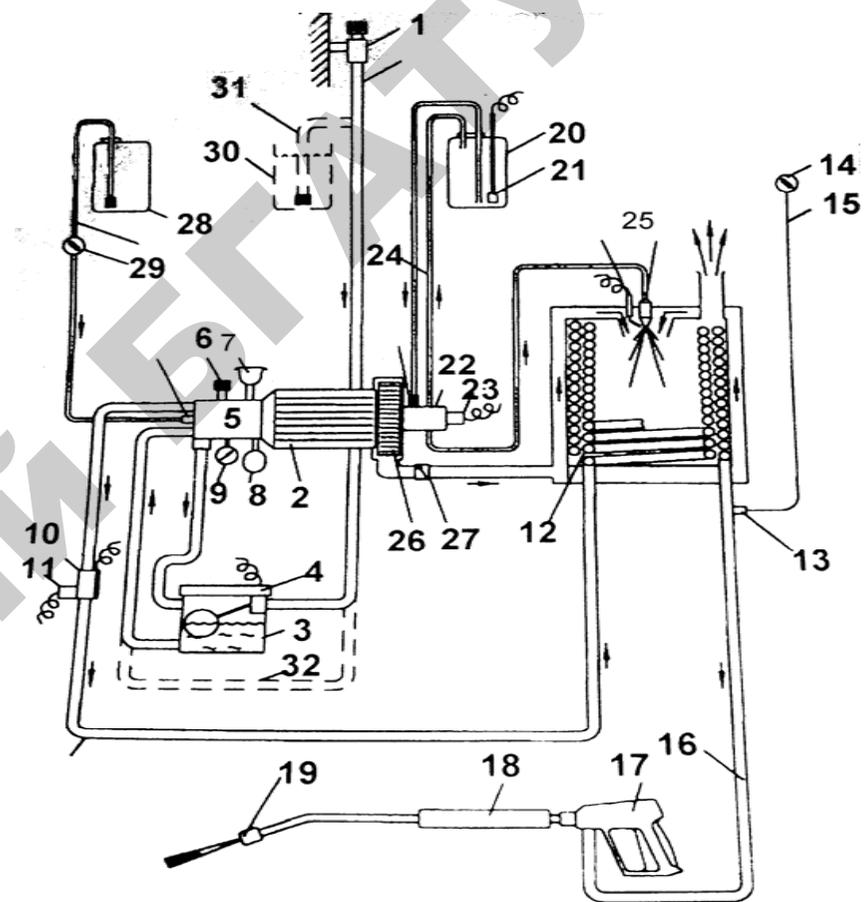


Рис. 1.2. Кинематическая схема мобильного моечного аппарата Kranzle-755:

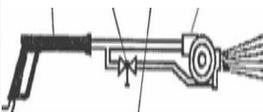
- 1 – соединение с источником водоснабжения; 2 – двигатель водяного охлаждения;
 3 – поплавковая камера; 4 – бак для умягчителя; 5 – насос; 6 – регулятор давления и расхода; 7 – предохранительный клапан; 8 – демпфер колебания; 9 – манометр;
 10 – устройство защиты от недостатка воды; 11 – манометрический выключатель;
 12 – проточный нагреватель; 13 – температурный датчик; 14 – терморегулятор;
 15 – измерительная цепь; 16 – шланг высокого давления; 17 – пистолет;
 18 – струйная трубка; 19 – сопло высокого давления; 20 – топливный бак;
 21 – датчик уровня топлива; 22 – топливный насос; 23 – топливный электромагнитный клапан; 24 – топливная обратная линия; 25 – форсунка;
 26 – вентилятор; 27 – воздушная заслонка; 28 – бак для чистящего средства;
 29 – вентиль дозирования ТМС; 30 – открытый резервуар; 31 – всасывающий шланг; 32 – шланговое соединение в режиме всасывания

При выключенном зажигании и раскрытом пистолете аппарат работает в режиме «Холодная вода». При включении зажигания топливо из бака 20 топливным насосом через фильтр и форсунку поступает в нагревательную камеру, где с помощью электродов происходит зажигание топливоздушная смеси и аппарат работает в режиме «Горячая вода». Насос высокого давления может одновременно засасывать моющее средство в струю высокого давления.

Повышение производительности, экономичности и расширение функциональных возможностей высоконапорных моечных аппаратов достигается применением специальных адаптеров, номенклатура, назначение и отличительные особенности которых приведены в табл. 1.2.

Таблица 1.2

Назначение и особенности применения адаптеров для высоконапорных моечных аппаратов

Наименование	Назначение	Отличительные особенности
 <p>Турбофреза</p>	Удаление плотных, слежавшихся загрязнений с большой поверхности вращающейся струей ($n = 4000 \text{ мин}^{-1}$)	Сочетание силы и давления сосредоточенной струи со способностью плоской струи обрабатывать поверхность
 <p>Турболазер</p>	Удаление прочнофиксированных загрязнений с больших поверхностей пульсирующей струей	Увеличение силы удара струи за счет укрупнения капель в 1000 раз больше, чем в машинах с обычными насадками

Продолжение табл. 1.2

Наименование	Назначение	Отличительные особенности
 <p>Устройство для гидрорескоструйной очистки</p>	Удаление продуктов коррозии, слежавшихся агрохимикатов и старых лакокрасочных покрытий	Удаление твердых прочнофиксированных загрязнений
 <p>Сопло веерное</p>	Удаление загрязнений от прочнофиксированных до легких с поверхностей машин с разной степенью загрязнения	Нерегулируемый угол распыла 25°
 <p>Устройство для подачи моющих средств</p>	Подача моющих средств вместе с водой	Автоматическая подача моющего средства с помощью инжектора, тонкая настройка подачи прецизионным регулятором до 5 %
 <p>Двойной адаптер</p>	Нанесение вспененного моющего средства, удаление пены струей	В 1-м положении работает пенный насадок, во 2-м положении (поворот рукоятки) с помощью струйного сопла производится смыв

Продолжение табл. 1.2

Наименование	Назначение	Отличительные особенности
Трехпозиционное сопло 	Эффективная очистка различных поверхностей	Быстрое изменение типа струи: высоконапорная точечная, веерная струя высокого давления, веерная струя низкого давления
Поворотная фреза 	Очистка труднодоступных поверхностей	Турбофреза устанавливается на шарнире, что обеспечивает возможность поворота последней
Поворотная муфта 	Предотвращает закручивание шланга высокого давления	
Пароводяной адаптер 	Очистка поверхностей от намерзшего льда, снятие консервационных покрытий	Совмещает динамическое воздействие струи и тепловое воздействие пара

Окончание табл. 1.2

Наименование	Назначение	Отличительные особенности
Шланг высокого давления с реактивным соплом 	Удаление отложений с внутренней поверхности труб, рукавов	Сочетание силы сосредоточенной струи с реактивными струями. Высокая степень очистки; за счет реактивной силы адаптер сам передвигается по внутренней поверхности труб

Применение вышеуказанных адаптеров позволяет повысить производительность очистки, сократить их трудоемкость в 5–6 раз и значительно уменьшить расход воды и ТМС.

Изучить технические требования, предъявляемые к технологическому процессу наружной очистки и способы контроля качества очистки

Техническими требованиями определено два уровня чистоты поверхности. Для первого уровня, при техническом обслуживании и текущем ремонте, качество очистки должно быть таким, чтобы элементы крепления и поверхности разъема деталей, узлов были свободны от загрязнений. Их наличие допустимо в отдельных местах, если они не закрывают элементы крепления и не препятствуют выполнению разборочных и регулировочных работ. Применяемые средства очистки не должны повреждать защитные лакокрасочные покрытия (ЛКП) и способствовать зарождению и развитию коррозионных процессов. Для поверхностей машин, имеющих механические повреждения ЛКП, рекомендуется ограничивать давление струи ($P \leq 3,5$ МПа) и температуру нагрева очищаемой поверхности ($T \leq 60$ °С). При первом уровне качество наружной очистки оценивают, как правило, визуально.

Второй уровень предполагает более высокую степень очистки с обезжириванием поверхности, например, при подготовке к окраске или консервации. Контроль качества очистки осуществляют протиранием поверхности светлой ветошью или по времени разрыва пленки воды на изделии. Места разрыва пленки воды указывают на остаточные масляные загрязнения. Считаются допустимыми к окраске поверхности при времени разрыва пленки воды больше 30 с.

Изучить схему технологического процесса и определить режимы наружной очистки

Технология наружной очистки машин и их составных частей определяется составом и свойствами удаляемых загрязнений, видом производимых ремонтно-обслуживающих воздействий и назначением машины. Прочностные свойства основных загрязнений поверхностей машин и сборочных единиц представлены в табл. 1.3.

Таблица 1.3

Прочностные свойства основных загрязнений поверхностей машин и сборочных единиц

Загрязнения	Предел прочности на сжатие, МПа	Адгезия, МПа	Условный коэффициент прочности, К
Пылегрязевые	3–20	0,005–0,02 0,05–2 – перевозимые грузы	0,50
Остатки масел и смазок	1,0–2,0	0,01–0,3	0,15
Маслогрязевые	2,0–5,0	0,01–0,15	0,30
Отложение удобрений и ядохимикатов	–	Слежавшиеся агрохимикаты до 10 и более	1,0
Старые лакокрасочные покрытия	30	0–30	3,0

Окончание таблицы 1.3

Загрязнения	Предел прочности на сжатие, МПа	Адгезия, МПа	Условный коэффициент прочности, К
Продукты коррозии	40	–	4,0
Асфальтосмолистые и лаковые отложения	10	0,3–6	1,0
Нагар	30	0,5–7	2,0
Накипь	30	10–20	3,0

Одним из условий очистки поверхностей является превышение давления моющих струй над прочностными свойствами загрязнений: величиной адгезии, пределом их прочности на сжатие, на изгиб или сдвиг. Загрязнения удаляют с поверхности, когда давление струи в зоне очистки превышает хотя бы одну из указанных выше прочностных характеристик. Если эти условия по технологическим и конструктивным параметрам невыполнимы, то интенсифицируют процессы очистки за счет применения синтетических и растворяюще-эмульгирующих ТМС, сжатого воздуха, ультразвукового, вибрационного, электрохимического, электрогидравлического и других методов воздействия. Структурная схема процесса наружной очистки сельскохозяйственной техники представлена на рис. 1.3.

При ежесменных и низкономерных технических обслуживаниях (ЕО, ТО-1) приоритетной является сухая очистка. Цель сухой очистки – не допустить накопления отложений, их слеживаемости, загрязнения окружающей среды и обеспечить свободный доступ к местам обслуживания. При необходимости, например, при транспортировке бетона, цемента, извести, асфальта и других материалов с высокой адгезией к поверхности, применяется ежесменная очистка холодной оборотной водой.

При ответственных операциях ТО, ремонта, консервации или окраске для удаления маслянисто-грязевых и маслянистых загрязнений необходимо применять ТМС. в основном. биоразлагаемые (ЕС-очиститель, УМОС и др.) в концентрации до 15–20 г/л с температурой нагрева растворов 70–90 °С. Перед окраской или восстановлением защитных покрытий необходимо обезжиривать поверхность.

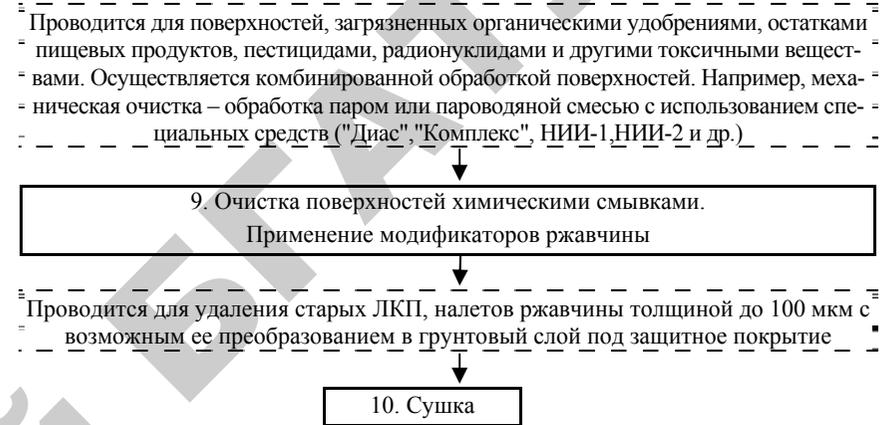
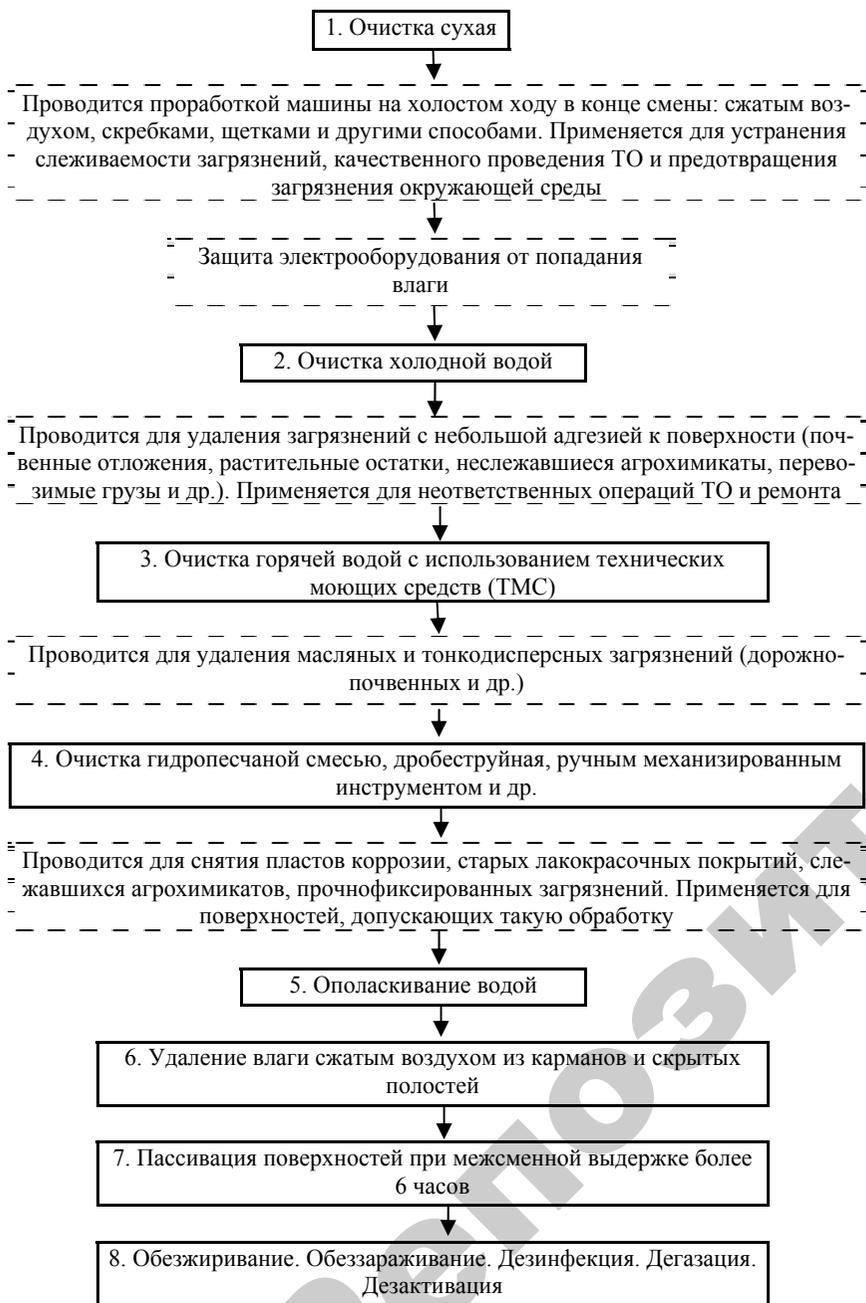


Рис. 1.3. Структурная схема процесса наружной очистки сельскохозяйственной техники

При обслуживании машин, работающих в среде агрохимикатов, целесообразно перед сезоном полевых работ нанести защитный состав (К-17, К-19, «Ингибит-С» и др.), чтобы исключить ежесменную мойку водой, а проводить только ежесменную сухую очистку, не допуская слеживаемости агрохимикатов. При консервации и ремонте этих машин проводится тщательная очистка с удалением слежавшихся агрохимикатов и продуктов коррозии гидropесчаной смесью или другими способами с нейтрализацией, дезинфекцией или дегазацией поверхностей горячей водой (70 – 90 °С) или пароводяной смесью (до 140 °С) с использованием специальных технических моющих средств («Комплекс», «Диас» и др.) с последующим восстановлением защитных покрытий.

Технологические режимы мониторинговой струйной очистки определяются следующими показателями: рабочим давлением, расходом и температурой воды, концентрацией и типом моющих средств, расстоянием от насадки до очищаемой поверхности, продолжительностью очистки. Варьируя эти факторы, можно выбрать наиболее оптимальные режимы очистки, отвечающие составу и свойствам удаляемых загрязнений и предъявляемым техническим требованиям.

При выборе оптимальных технологических режимов очистки машин высоконапорными моечными аппаратами недопустимо направлять струю воды на электрооборудование, гидроагрегаты и другие механизмы. В ряде случаев, например, для самоходных зерноуборочных и кормоуборочных комбайнов, рекомендуется:

- ограничивать давление струи (не более 10 МПа), температуру воды (не более 20 °С) и применение ТМС;
- использовать в моечных пистолетах только широкоструйные сопла, с углом распыла не менее 25°;
- совершать пистолетом колебательные движения;
- ограничивать расстояние до отмываемой поверхности (не менее 250–300 мм).

Несоблюдение этих требований может приводить к вымыванию разовой смазки в подшипниковых узлах, повреждению лакокрасочных покрытий, выходу из строя электрооборудования и другим отрицательным последствиям. Поэтому необходимо строго и последовательно выполнять технические требования к очистке объекта.

Изучить технологическую схему системы регенерации воды для высоконапорных моечных аппаратов (на примере установки HDR 555)

Для работы высоконапорных моечных аппаратов на оборотной воде необходимо использовать специальные установки типа HDR555, обеспечивающие очистку стоков до 2 мг/л по нефтепродуктам и до 10 мг/л по взвешенным веществам (рис. 1.4).

Принцип работы установки следующий: грязная вода после мойки аппаратом высокого давления 11 скапливается в отстойнике 1, где оседают крупные частицы грязи. Затем с помощью погружного насоса 2 вода поступает в бак-смеситель установки HDR 555. Здесь встроенная дозирующая система добавляет необходимое количество реагента RM 847 3 и антибактериального вещества RM 851 4. После интенсивного перемешивания смесителем 5 происходит отделение грязи и масел. При этом тяжелые частички оседают на дно, а нефтепродукты собираются наверху. Очищенная вода накапливается в буферном баке 6, затем проходит через специальные фильтры 7 в накопитель 8, откуда через заборный фильтр 9 снова подается в аппарат высокого давления. Ополаскивание автомобиля должно производиться свежей водой. Во избежание пе-

реполнения системы расход свежей воды на ополаскивание не должен превышать 15 % от общего расхода воды. После определенного периода (до 50 циклов) отработанная вода должна быть вывезена специальными службами для утилизации.

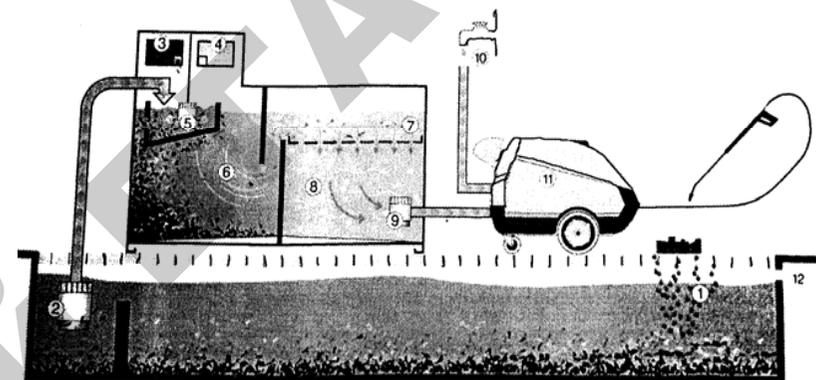


Рис. 1.4. Система регенерации воды

для высоконапорного моечного аппарата HDR 555:

- 1 – отстойник; 2 – погружной насос; 3 – реагент; 4 – обеззараживатель;
5 – смеситель; 6 – буферный бак; 7 – фильтр; 8 – накопитель; 9 – заборный фильтр;
10 – питатель чистой воды; 11 – моечный аппарат

Технические характеристики установки HDR 555:

производительность	–	0,2 м ³ /ч*
размеры	–	1200×1082×800 мм
масса	–	100 кг
напряжение	–	220 В

* При интенсивной работе (т. е. практический расход воды выше 400 л/ч) для увеличения производительности достаточно подключить буферную емкость объемом от 1 до 2,5 м³.

Преимущества установки HDR 555:

- экономия воды и моющих средств;
- автоматический режим работы;
- работа с аппаратами высокого давления с нагревом и без нагрева воды;
- компактность;
- соответствие требованиям санитарно-гигиенических служб.

Ознакомиться с материально-технической базой для выполнения моечно-очистных работ

Наружную очистку сельскохозяйственной техники целесообразно проводить централизованно на специально оборудованных постах мойки, имеющих локальные очистные сооружения с оборотными системами водоснабжения. На рис. 1.5 и 1.6 представлены планировочные решения постов мойки, рекомендованные к использованию в отделениях и на центральных усадьбах хозяйств.

Технологическая планировка поста наружной мойки для отделений хозяйств представлена на рис. 1.5. Она состоит из открытой площадки, насосной, грязесборника, моечной эстакады и очистных сооружений.

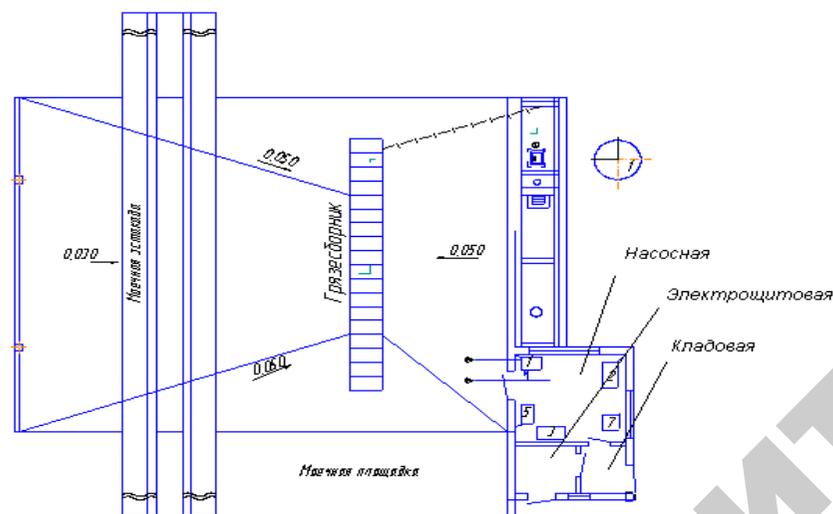


Рис. 1.5. Технологическая планировка поста наружной мойки машин для ремонтно-обслуживающей базы (РОБ) отделения хозяйства:
1 – моечная установка CR3-25 для работы на оборотной воде;
2 – моечная установка HDS695VEX; 3 – выпрямитель ВСМ-111;
4 – компрессор СО-7Б

Пост наружной мойки сельскохозяйственной техники на ремонтно-обслуживающей базе центральной усадьбы (рис. 1.6) состоит из закрытого поста, открытой площадки, насосной, грязесборников, распределительного устройства и очистных сооружений.

Закрытый пост предназначен для всесезонного использования в режиме «Оборотное водоснабжение» при мойке основной массы машин и в режиме «Прямоточное водоснабжение» при мойке машин, работающих в контакте с навозом и агрохимикатами. Открытая площадка предназначена для использования при плюсовых температурах окружающего воздуха (в Беларуси обычно с апреля по ноябрь) для мойки машин, пришедших непосредственно с поля, имеющих большие объемы почвенно-растительных загрязнений, для крупногабаритной самоходной и прицепной техники (зерно-, кормо-, картофелеуборочные комбайны и др.).

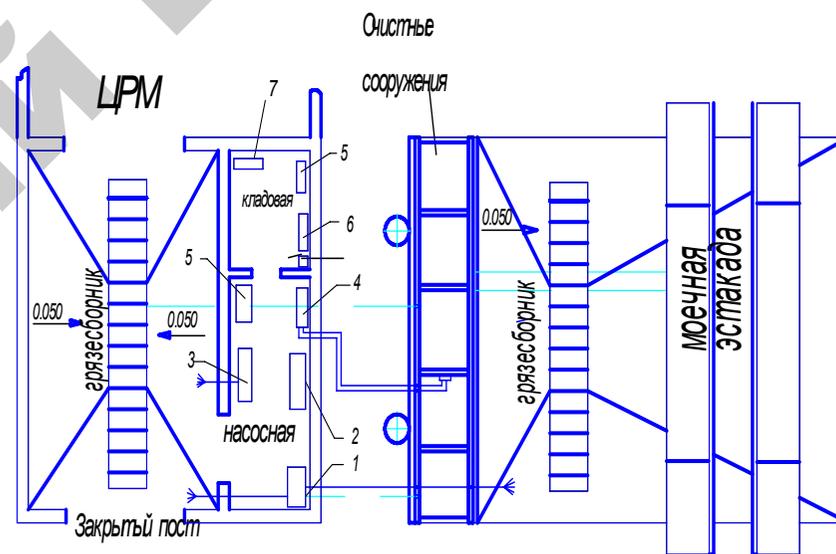


Рис. 1.6. Технологическая планировка поста наружной мойки с системой оборотного водоснабжения для РОБ центральной усадьбы коллективного хозяйства:
1 – моечная установка CR3-25; 2 – высоконапорный моечный аппарат типа HDS695VEX; 3 – компрессор СО-7Б; 4 – выпрямитель ВСМ-111; 5 – верстак слесарный; 6 – стеллажи и емкости

Очистные сооружения поста мойки машин для РОБ коллективных хозяйств, работающих по комбинированной схеме, представлены на рис. 1.7.

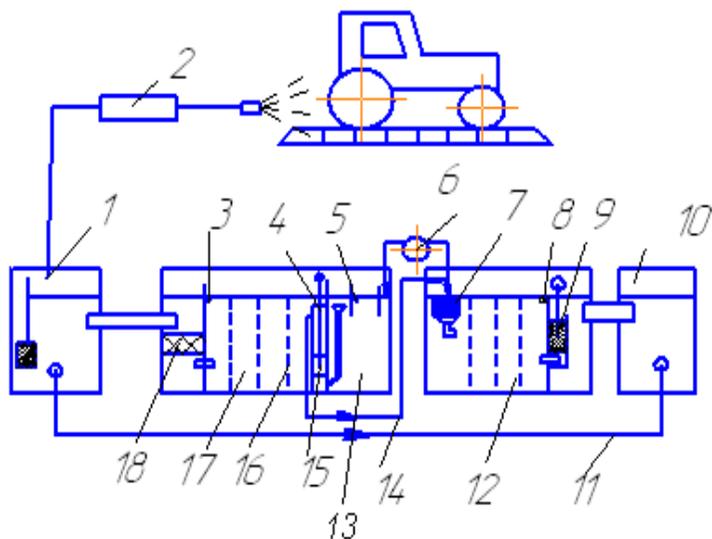


Рис. 1.7. Схема очистных сооружений

поста мойки машин для РОБ центральной усадьбы хозяйства:

- 1 – емкость с оборотной водой; 2 – моечная установка CR3-25;
 3, 5, 8 – маслосборочные воронки; 4 – барка; 6 – распределитель потоков;
 7 – смеситель; 9 – кассета с хлорной известью; 10 – емкость с осветленной водой;
 11 – трубопровод подачи оборотной воды для смешения стоков; 12 – отстойник-нейтрализатор; 13 – отстойник 1-й ступени; 14 – трубопровод подачи коагулянта;
 15 – электрокоагулятор; 16 – дырчатые перегородки; 17 – отстойник 2-й ступени;
 18 – фильтр

Она предусматривает раздельное водоотведение и очистку токсичных и инфицированных стоков от основного потока их не содержащего. Такая система упрощает технологию регенерации стоков и позволяет основной их объем использовать многократно. Очистка токсичных и инфицированных стоков осуществляется комплексно: применением при очистке машин, работающих в контакте с агрохимикатами, специальных моющих средств («Комплекс», «Диас» и др.), коагуляцией, длительным отстаиванием и нейтрализацией хлорной известью. После обеззараживания воду сбрасывают в канализацию или пропускают через фильтрующую траншею. Осадок из очистных сооружений удаляют с помощью экскаватора, разбрасывателя жидких удобрений и самосвала. По согласованию с санэпидемстанцией осадок выгружают в отработанные карьеры, овра-

ги, балки, расположенные вдали от населенных мест. Они должны быть заранее установлены и специально оборудованы.

Очистка загрязненного объекта

Приобрести практические навыки очистки объекта с применением высоконапорного моечного аппарата Kranzle-755 с различными адаптерами (турбофреза, пескоструйная и пенная насадки, турбалазер, насадки для промывки трубопроводов).

Содержание отчета

1. Название и цель лабораторной работы.
2. Назначение и технические характеристики высоконапорных моечных аппаратов и адаптеров.
3. Общая структурная схема наружной очистки сельскохозяйственной техники.
4. Схема технологического процесса очистки объекта (табл. 1.4).

Таблица 1.4

Схема технологического процесса очистки объекта

Номер операции	Наименование операции	Технические и санитарные требования	Технологические режимы	Оборудование, приспособления, инструмент, материал, очищающая среда

5. Технологическая планировка поста наружной мойки сельскохозяйственной техники с системой оборотного водоснабжения.

2. Выводы.

Контрольные вопросы

1. В чем состоит сущность, преимущества и недостатки гидродинамической очистки поверхностей изделий?
2. Приведите назначение и технические характеристики высоконапорных моечных аппаратов.

3. Укажите правила техники безопасности при работе с высоконапорными моечными аппаратами.

4. Опишите устройство и принцип работы моечного аппарата Kranzle-755.

5. Укажите виды, назначение и особенности применения адаптеров для высоконапорных моечных аппаратов.

6. Приведите общую структурную схему процесса наружной очистки сельскохозяйственной техники.

7. В чем заключаются особенности технологии наружной очистки различных сельскохозяйственных машин при ее технической эксплуатации?

8. Дайте обоснование технических требований и технологических режимов очистки двигателя при текущем ремонте.

9. Опишите технические требования и схему системы регенерации воды при использовании высоконапорных аппаратов.

10. Опишите состав материально-технической базы для выполнения наружной очистки сельскохозяйственной техники.

Лабораторная работа 2

ПРЕДРЕМОНТНОЕ ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Цель работы – закрепить теоретические знания и приобрести практические навыки по оценке технического состояния и обнаружению дефектов дизельных двигателей путем предремонтной диагностики.

Студент должен знать: конструкцию и работу дизельных двигателей; признаки неисправностей и методы их определения; дефекты дизельных двигателей и критерии их обнаружения; устройство и работу оборудования и приспособлений; безопасные приемы выполнения работ по ремонту, испытанию и регулировке дизельных двигателей.

Студент должен уметь: оценить техническое состояние дизельных двигателей; определить по выявленным неисправностям и дефектам содержание ремонтных работ; выполнить основные операции диагностирования, восстановления работоспособности и регулировки дизельных двигателей.

Задание для выполнения работы

1. Изучить требования техники безопасности при выполнении работы.
2. Ознакомиться с оснащением рабочих мест, устройством и работой оборудования, приспособлений и инструмента.
3. Произвести диагностику дизельного двигателя и определить по результатам диагностирования содержание ремонтных работ.
4. Разработать методику регулировки и выполнить необходимые операции по восстановлению работоспособности двигателя.
5. Оформить и защитить отчет установленной формы.

Оснащение рабочего места

1. Трактор «БЕЛАРУС-1221».
2. Диагностический комплекс «Мотортестер МЗ-2».
3. Ключ предельный (с набором сменных головок) НКПТ-200 ТУ 2-035-912-83.

Техника безопасности

К лабораторной работе, предусматривающей испытания и регулировки дизельной топливной аппаратуры трактора «БЕЛАРУС-1221», допускаются лица, которые прошли инструктаж по технике безопасности на рабочем месте, изучившие устройство оборудования и оснастки и овладевшие практическими навыками безопасного выполнения работ.

Перед началом работ необходимо надеть спецодежду. Первое включение в работу диагностического комплекса «Мотортестер МЗ-2», а также первые измерения параметров проводят под руководством или в присутствии преподавателя или мастера, а в дальнейшем – по их разрешению.

Общие сведения

Техническая диагностика – отрасль знаний, изучающая закономерности изменения технического состояния машин и разрабатывающая методы и средства его определения. Многообразие условий и режимов эксплуатации приводит к значительному рассеиванию ресурса составных частей. Поэтому важно иметь методы и средства для оценки их технического состояния с целью контроля работоспособности для прогнозирования остаточного ресурса и с целью поиска дефектов и выявления причин нарушения работоспособности, т.е. отказа. Методы и средства диагностирования должны быть удобны для применения, обеспечивать их проведение без разборки или с минимальной разборкой изделия и быть экономически целесообразными.

Общие положения концепции технического диагностирования машин в стратегическом плане, в основном, не изменились. Это относится к цели, задачам, методам, средствам, алгоритмам диагностирования применения накладных датчиков и т. п. Современные средства электронной диагностики позволяют без разборки двигателя определить его техническое состояние и соответственно объем ремонтных работ. Одним из таких устройств электронной диагностики является «Мотортестер МЗ-2» (далее – мотортестер).

Порядок выполнения работы

Перед проведением диагностики и подключением датчиков мотортестера двигатель должен быть прогрет до рабочей температуры.

1. Подключите стробоскоп к соединителю «СТРОБОСКОП» мотортестера «Мотортестер МЗ-2».

2. Подключите датчик тока к соединителю «ДТ».

3. Подключите датчик давления к соединителю «ДД» мотортестера.

4. Подключите соединительное устройство «УС1» к соединителю «УС1» мотортестера.

5. Установите датчики на диагностируемый двигатель (рис. 2.1):

а) датчик тока установите на провод, идущий от аккумуляторной батареи на «массу», если необходимо измерить ток заряда аккумуляторной батареи, или на любой другой провод для измерения тока в данной цепи;

б) зажимы «+» (красного цвета) и «-» (черный) из состава «УС1» подключите к соответствующим клеммам аккумуляторной батареи;

в) снимите скобу, стягивающую топливную трубку, подходящую к форсунке первого цилиндра, с остальными трубками и корпусом. Отвинтите фланец наконечника трубки от форсунки. Установите на форсунку датчик давления «ДД», используя гайку-стяжку из комплекта датчика с левой (со стороны датчика) и правой резьбой. Завинтите фланец крепления датчика. Установите наконечник топливной трубки на «ДД». Завинтите фланец крепления наконечника топливной трубки. «ДД» должен быть установлен таким образом, чтобы была обеспечена герметичность соединений. Для стравливания воздуха из топливопровода рекомендуется не зажимать одну из гаек «ДД», а затянуть ее через несколько секунд после запуска двигателя. После установки «ДД», не запуская двигатель, следует выждать 3-5 мин, чтобы «ДД» прогрелся. После включения прибора, не заводя двигатель, в режиме «ВПРЫСК» нажмите кнопку «I», чтобы учесть необходимую температурную поправку к показаниям мотортестера. Эта поправка будет автоматически учитываться в дальнейшем при измерении давления.

К МОТОРТЕСТЕРУ

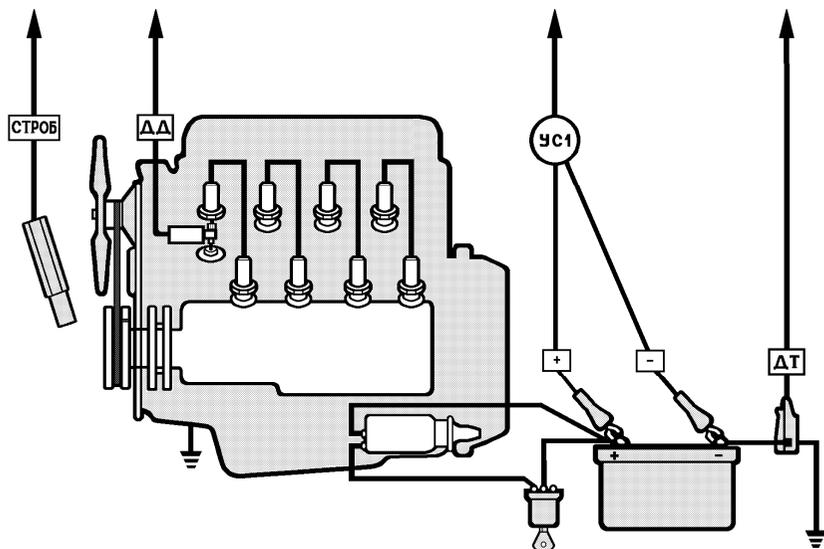


Рис. 2.1. Порядок подключения датчиков к двигателю: подключите мотортестер к сети напряжением 220 В частотой 50 Гц; включите мотортестер с помощью переключателя «СЕТЬ» на лицевой панели

6. Подключите мотортестер к сети напряжением 220 В частотой 50 Гц.

7. Включите мотортестер с помощью переключателя «СЕТЬ» на лицевой панели.

После включения мотортестера производится самодиагностика – контроль исправности основных узлов мотортестера. После этого включается режим выбора типа двигателя и модели автомобиля.

Используя кнопки перемещения маркера «▲», «▼», поместите маркер на строку «ТИП ДВИГАТЕЛЯ» (рис. 2.2) и нажмите кнопку «ВВОД».



Рис. 2.2. Выбор типа двигателя

Выберите тип двигателя с помощью кнопок «◀», «▶», поместив маркер на строку «ДИЗЕЛЬНЫЙ», и снова нажмите кнопку «ВВОД». Из списка моделей автомобилей на экране аналогичным образом выберите модель диагностируемого автомобиля.

После выбора модели (рис. 2.3) (в некоторых случаях необходимо дополнительно ввести количество цилиндров диагностируемого двигателя) мотортестер представит примерный коэффициент инерции, номинальные обороты выбранного автомобиля и информацию о подключении «ДД» (рис. 2.2). Если модель диагностируемого автомобиля отсутствует в предложенном списке, введите коэффициент инерции и номинальные обороты автомобиля вручную, с клавиатуры мотортестера. Для этого подведите маркер, например, к строке «КОЭФФИЦИЕНТ ИНЕРЦИИ», нажмите кнопку «ВВОД» и введите необходимое значение коэффициента инерции. Закончив выбор, нажмите кнопку «МЕНЮ» для входа в меню основных режимов измерений (рис. 2.4).



Рис. 2.3. Выбор модели автомобиля

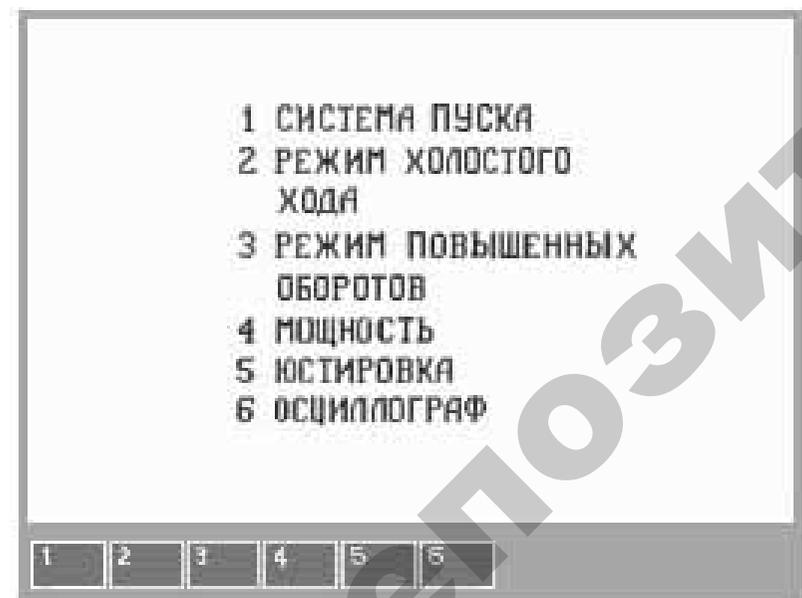


Рис. 2.4. Выбор режима измерений

Методы поиска возможных неисправностей дизельных двигателей

1. Проверка аккумуляторной батареи, стартера и реле-регулятора:
 - перед началом измерений для увеличения точности измерения необходимо провести балансировку датчика тока;
 - включите режим «ЭЛЕКТРОПИТАНИЕ». Напряжение покоя (ЭДС) при выключенных потребителях энергии должно быть в пределах 12,6–13,6 В;
 - включите потребители (подфарники, ближний свет и т. д.), чтобы разрядный ток составлял примерно 5–15 А. Выждать 20–30 с. Напряжение пуска должно быть не менее 9,5 В. Если напряжение меньше 9,5 В, значит аккумуляторная батарея разряжена или неисправна, либо очень большой пусковой ток.
2. Частота вращения при пуске должна быть в пределах 180–350 об/мин. Пониженная частота вращения говорит о разряженности батареи, неисправности стартера или о плохих соединениях в цепи аккумулятор – стартер.
3. Запустите двигатель. Проверьте напряжение заряда. Для этого установите контрольную частоту вращения для данного типа генератора (для легковых автомобилей – примерно 2000 об/мин). Напряжение заряда U_{AB} должно соответствовать паспортному значению (обычно в пределах 13,7–14,5 В). Проверьте генератор под нагрузкой, включив фары. Напряжение должно быть не менее 13,7 В. Если $U_{AB} < 13,7$ В, проверьте натяжение ремня генератора. Если ремень натянут нормально, проверьте реле-регулятор или генератор (соединения, щетки и т. д.). Если напряжение выше 14,5 В, проверьте реле-регулятор.
4. Проверьте зарядный ток I . После пуска двигателя он должен быть 6–20 А (в зависимости от разряда АБ) и по мере работы двигателя при выключенных потребителях должен медленно уменьшаться до нуля.

Проверка угла опережения подачи топлива

1. Отрегулируйте минимальные обороты холостого хода в соответствии с паспортными данными. Измерьте угол опережения по-

дачи топлива (УОПТ). УОПТ должен соответствовать паспортному значению. Во многих справочных пособиях приведены статические значения УОПТ. Мотортестер измеряет динамический УОПТ, который на 10–30 % меньше статического.

2. Проверьте работу муфты опережения впрыска, для чего установите частоту вращения, равную половине максимальной. Измерьте УОПТ. УОПТ должен соответствовать паспортному (в зависимости от типа двигателя на 4–15 ° больше, чем на минимальных оборотах холостого хода).

Проверка топливной аппаратуры

1. Перед началом измерений проведите балансировку датчика давления. Включите режим холостого хода, далее – режим «ВПРЫСК». Установите минимальные обороты. Если частота вращения при этом не соответствует паспортной, отрегулируйте ее.

2. Максимальное давление впрыска в этом режиме примерно соответствует давлению открытия форсунки. Максимальное давление впрыска топлива является комплексной характеристикой данной секции топливного насоса высокого давления. Оно зависит от затяжки иглы форсунки, от состояния распылителя форсунки, от регулировки топливного насоса на величину подачи, от износа плунжерной пары насоса. Разброс величины максимального давления впрыска для разных секций топливного насоса не должен отличаться более, чем на 10 %.

Увеличение максимального давления впрыска может быть вызвано засорением или закоксовкой сопловых отверстий распылителя, затяжкой пружины или заклиниванием иглы форсунки, увеличением цикловой подачи.

Уменьшение максимального давления впрыска может быть вызвано зависанием иглы форсунки, обрывом носика распылителя, ослаблением затяжки пружины форсунки, уменьшением цикловой подачи.

3. Большое остаточное давление указывает на износ нагнетательного клапана топливного насоса.

4. Длительность подачи топлива должна быть в пределах 1,5–4 мс (в зависимости от типа двигателя) и при резком нажатии на педаль акселератора должна возрастать.

5. Неравномерность вращения определяет качество регулировки топливного насоса и его секций.

Диагностика топливной аппаратуры по осциллограммам

Включите режим «ВПРЫСК», нажмите кнопку . Выберите масштаб изображения по вертикали и горизонтали.

Запустите двигатель и установите минимальные обороты холостого хода. На экране мотортестера появится осциллограмма впрыска топлива.

Типовая осциллограмма исправной топливной аппаратуры представлена на рис. 2.5.

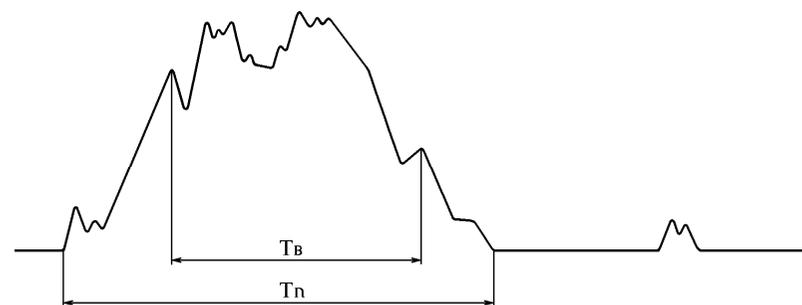


Рис. 2.5. Осциллограмма исправной топливной аппаратуры:
 T_v – длительность впрыска топлива; T_n – длительность подачи топлива топливным насосом высокого давления (ТНВД)

Далее на рис. 2.6–2.9 приведены осциллограммы, отображаемые на дисплее мотортестера при наличии различных неисправностей топливной аппаратуры.

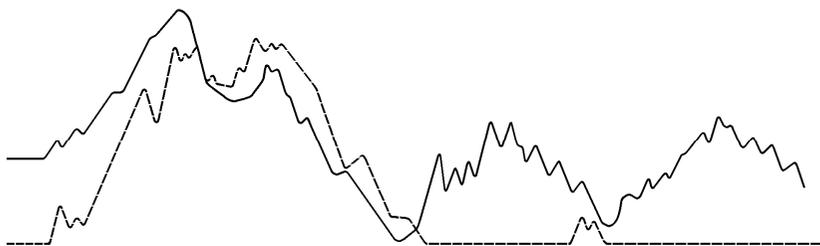


Рис. 2.6. Вид осциллограммы, характеризующий износ нагнетательного клапана

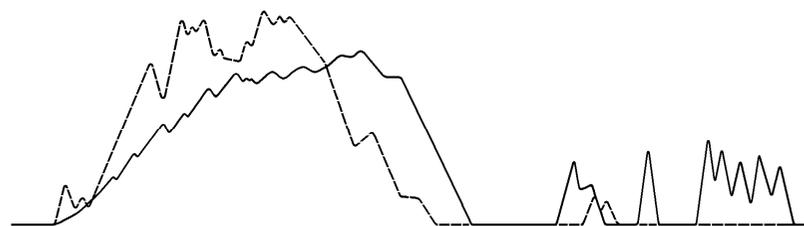


Рис. 2.7. Вид осциллограммы, характеризующий износ плунжерной пары

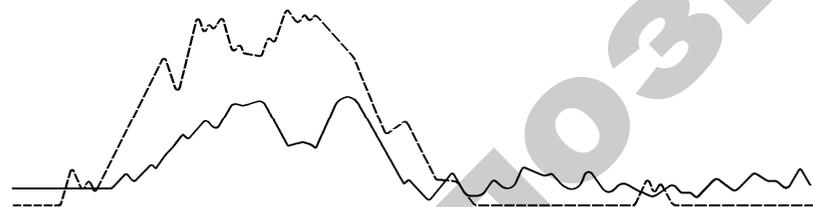


Рис. 2.8. Вид осциллограммы, характеризующий суммарный износ нагнетательного клапана и плунжерной пары

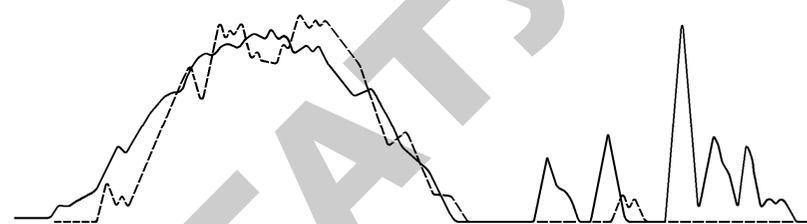


Рис. 2.9. Вид осциллограммы, характеризующий закоксовывание сопловых отверстий распылителя форсунки

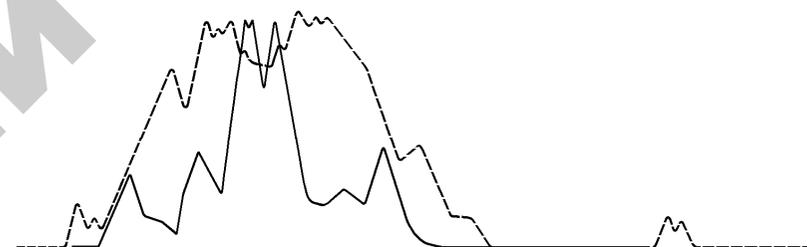


Рис. 2.10. Вид осциллограммы, характеризующий уменьшение давления начала подъема иглы распылителя форсунки

Проверка свечей накаливания

Установите датчик тока на провод, идущий к свечам накаливания, включите зажигание. На экране мотортестера в режиме «ЭЛЕКТРОПИТАНИЕ» должен индицироваться суммарный ток порядка 50–75 А, который будет снижаться по мере нагревания свечей накаливания.

Если ток слишком мал, необходимо отыскать неисправную свечу путем индивидуальных замеров на свечах накаливания.

Проверка клапана отсечки подачи топлива к ТНВД

Для проверки используется измеритель напряжения в режиме «ЭЛЕКТРОПИТАНИЕ». Зажим «+» из состава УС1 подключите к положительному выводу, а зажим «-» – к отрицательному выводу клапана.

Проверка клапана давления турбокомпрессора

Присоедините щуп ОСЦ к соответствующему контакту клапана. Включите режим «ОСЦИЛЛОГРАФ». Режим разверток: по оси Y – 16 В, по оси X – 0,3 с. Запустите двигатель.

Примерный вид осциллограммы приведен на рис. 2.11.

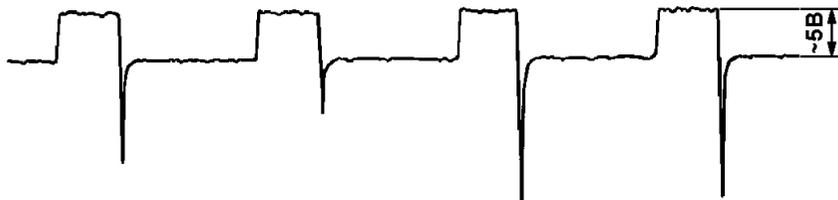


Рис. 2.11. Вид осциллограммы, характеризующий работу клапана давления

Данная проверка имеет смысл только в диапазоне максимальных нагрузок, так как клапан предназначен для ограничения максимального давления воздуха.

Проверка диодов выпрямителя генератора

Установите датчик тока на провод, идущий от генератора к аккумулятору. Включите режим «ЭЛЕКТРОПИТАНИЕ», осциллограмма (по кнопке «»).

Установите обороты двигателя примерно 50 % от максимального значения. Наблюдая осциллограмму, установите необходимый масштаб изображения. Кривая высших гармоник генератора должна иметь равномерную форму, близкую к синусоиде. Неисправный выпрямитель имеет неравномерный разброс напряжений. Примерная осциллограмма исправного выпрямителя имеет вид, представленный на рис. 2.12:

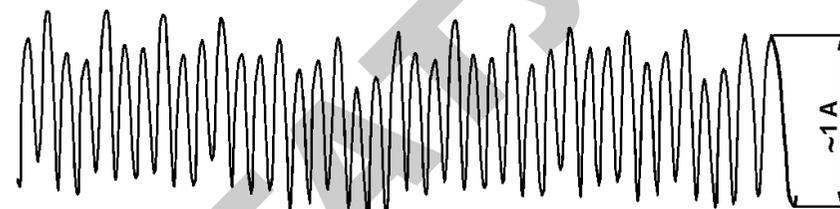


Рис. 2.12. Вид осциллограммы, характеризующий работу диодов выпрямителя

Проверка индуктивного датчика положения коленчатого вала (для двигателей с электронной системой управления (далее – ЭСУ))

Подсоедините щуп ОСЦ к датчику сигнала. Включите режим «ОСЦИЛЛОГРАФ». Запустите двигатель. Наблюдая осциллограмму, выберите оптимальный масштаб развертки.

Датчик генерирует переменное напряжение, примерная форма которого изображена на рис. 2.13.

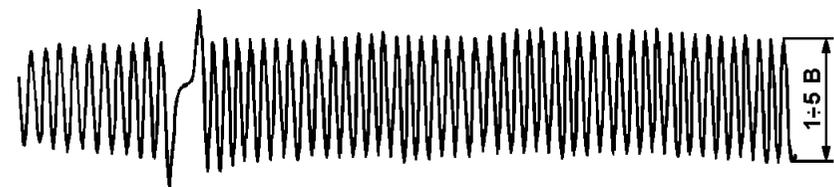


Рис. 2.13. Вид осциллограммы, характеризующий работу индуктивного датчика

Амплитуда сигнала возрастает с увеличением частоты вращения двигателя.

Проверка индуктивного датчика частоты вращения коленчатого вала (для двигателей с ЭСУ)

Подсоедините щуп ОСЦ к соответствующему выводу датчика. Включите режим «ОСЦИЛЛОГРАФ». Запустите двигатель. Наблюдая осциллограмму, выберите удобный масштаб развертки. Примерная форма осциллограммы приведена на рис. 2.14.

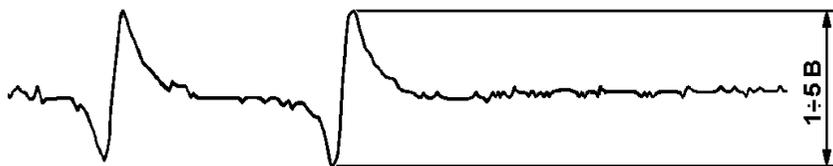


Рис. 2.14. Вид импульса работающего датчика частоты вращения

С увеличением частоты вращения двигателя амплитуда сигнала увеличивается.

Проверка датчика частоты вращения – датчика Холла (для двигателей с ЭСУ)

Подсоедините щуп ОСЦ к соответствующему выводу датчика. Включите режим «ОСЦИЛЛОГРАФ».

Запустите двигатель. Наблюдая осциллограмму, выберите удобный масштаб развертки. С выхода датчика должен поступать импульсный прямоугольный сигнал с амплитудой примерно 5 В.

Проверка механического (потенциометрического) расходомера воздуха (для двигателей с ЭСУ)

Подсоедините щуп ОСЦ к выходу датчика. Включите режим «ОСЦИЛЛОГРАФ». Масштаб развертки: X – 10–30 с, Y – 8 В.

Запустите двигатель. Изменяя расход воздуха, наблюдайте за кривой на экране мотортестера. С повышением расхода (для этого увеличьте частоту вращения или нажмите на заслонку вручную) амплитуда возрастает и наоборот. Проследите, чтобы кривая была плавной, без дребезга. Дребезг на кривой характеризует неисправность потенциометра.

Проверка расходомера воздуха с нагреваемой спиралью или с нагреваемой пленкой (для двигателей с ЭСУ)

Порядок проверки такой же, как и в предыдущем случае.

Проверка датчика нагрузки (датчика абсолютного давления) (для двигателей с ЭСУ)

Порядок проверки аналогичный.

Проверка датчика начала нагнетания топлива (для двигателей с ЭСУ)

Этот датчик вмонтирован в форсунку двигателя. При открытии и закрытии форсунки датчик вырабатывает индуктивные импульсы, по которым электронный блок управления (ЭБУ) распознает начало впрыска.

Подсоедините щуп ОСЦ к соответствующему выводу датчика. Запустите двигатель.

Установите масштаб развертки: X – 30 мс, Y – 8 В. Примерная осциллограмма приведена на рис. 2.15.

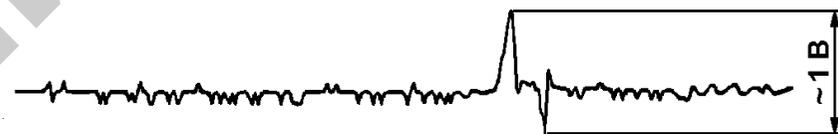


Рис. 2.15. Вид осциллограммы, характеризующий сигнал работающего датчика нагнетания

Проверка потенциометра педали управления подачей топлива (для двигателей с ЭСУ)

Подключите щуп ОСЦ к соответствующему выводу. Включите режим «ОСЦИЛЛОГРАФ». Масштаб развертки: X – 10–30 с, Y – 8 В.

Запустите двигатель. Медленно увеличивайте частоту вращения. Полученная на экране кривая должна быть без разрывов и резких изменений.

Проверка потенциометра положения рейки ТНВД (для двигателей с ЭСУ)

Подключите щуп ОСЦ к соответствующему выводу. Включите режим «ОСЦИЛЛОГРАФ». Масштаб развертки: X – 10–30 с, Y – 8 В.

Запустите двигатель. Медленно увеличивайте частоту вращения. Полученная на экране кривая должна быть без разрывов и резких изменений.

Проверка датчиков температуры охлаждающей жидкости, воздуха, топлива (для двигателей с ЭСУ)

На датчик подается напряжение питания. С ростом температуры сопротивление датчиков уменьшается, напряжение на них увеличивается.

Проверка осуществляется измерением сопротивления на соответствующих контактах или напряжения на датчике в режиме «ЭЛЕКТРОПИТАНИЕ» с помощью зажима «+» из состава УС1.

Проверка дозатора топлива (для двигателей с ЭСУ)

Дозатор регулирует количество впрыскиваемого топлива в ТНВД. Регулирование осуществляется путем изменения импульсно-модулированных сигналов.

Примерный вид осциллограммы исправного дозатора впрыскиваемого топлива приведен на рис. 2.16.



Рис. 2.16. Вид осциллограммы, характеризующий сигнал работающего дозатора

Проверка осуществляется в режиме «ОСЦИЛЛОГРАФ» на разных оборотах двигателя. Проконтролируйте коэффициент заполнения (скважность импульсов).

Проверка регулятора начала подачи топлива (для двигателей с ЭСУ)

Этот регулятор предназначен для управления началом подачи топлива в ТНВД. Регулирование осуществляется путем изменения импульсно-модулированных сигналов.

Примерная осциллограмма регулятора начала подачи топлива приведена на рис. 2.17.



Рис. 2.17. Вид осциллограммы, характеризующий работу регулятора

Проверка осуществляется в режиме «ОСЦИЛЛОГРАФ» на разных оборотах. Проконтролируйте коэффициент заполнения.

Проверка электрических форсунок (для двигателей с ЭСУ)

Подсоедините датчик тока к проводу, идущему к форсунке. Включите режим «ОСЦИЛЛОГРАФ». Запустите двигатель. Наблюдая на рис. 2.18 осциллограмму работающих электрических форсунок, установите нужный режим развертки.

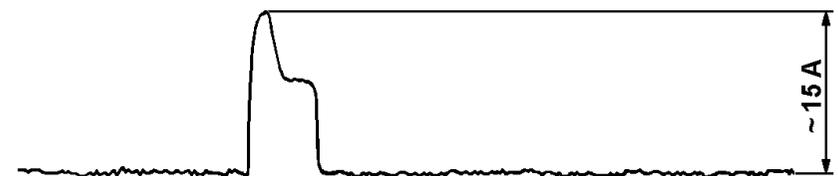


Рис. 2.18. Вид осциллограммы работающей электрической форсунки

Обратите внимание на крутизну фронтов импульса. Для точного управления форсункой величина тока должна резко возрастать и резко падать.

Проверка клапана рециркуляции отработавших газов

Степень открывания клапана управляется ЭБУ. Для управления используется импульсно-модулированный сигнал (изменяется коэффициент заполнения периода импульса (скважность)).

На рис. 2.19 приведена примерная осциллограмма этого сигнала.



Рис. 2.19. Вид сигнала управления клапана рециркуляции отработавших газов

Проверка проводится на прогретом двигателе в диапазоне частичных нагрузок. Результаты диагностики заносятся в карту диагностики дизельного двигателя.

КАРТА ДИАГНОСТИКИ ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ

ФИО (владелец): _____ Дата проверки: _____
 Модель автомобиля: _____ Гос. номер: _____
 Пробег: _____ Марка автомобиля: _____

СИСТЕМА ПУСКА

Напряжение АКБ при пуске, V 0,0
 Ток, потребляемый стартером при пуске, A 0,0

СИСТЕМА ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ

ЭДС АКБ, V 0,0
 Напряжение заряда АКБ ($0/min$), V 0,0
 Ток заряда, A 0,0

СИСТЕМА ВПРЫСКА

Максимальное давление впрыска на минимальных оборотах холостого хода, MPa 0,0
 Максимальное давление впрыска на повышенных оборотах ($0/min$), MPa 0,0
 Остаточное давление в трубопроводе высокого давления на минимальных оборотах, MPa 0,0
 Остаточное давление в трубопроводе высокого давления на повышенных оборотах ($0/min$), MPa 0,0

Длительность впрыска на минимальных оборотах, ms 0,0
 Длительность впрыска на повышенных оборотах ($0/min$), ms 0,0
 Установочный угол опережения начала подачи топлива, град ПКВ 0
 Угол опережения начала подачи топлива на повышенных оборотах ($0/min$), град ПКВ 0

ДВИГАТЕЛЬ

Эффективная мощность двигателя, $kW / л.с$ 0/0
 Минимальные обороты холостого хода, $/min$ 0
 Неравномерность частоты вращения коленчатого вала, $/min$ 0

Содержание отчета

1. Название и цель лабораторной работы.
2. Результаты диагностики производимыми методами.
3. Краткое описание и схема одного из методов диагностики (по указанию преподавателя).
4. Оформленная карта диагностики.
5. Краткие выводы о зафиксированных неисправностях в контролируемом двигателе.

Контрольные вопросы

1. В чем заключается сущность понятия диагностика?
2. Поясните необходимость проведения диагностики.
3. Какие факторы определяют выбор метода диагностики?
4. Поясните сущность диагностики двигателей с помощью мотортестера.
5. Поясните физическую сущность диагностики с помощью мотортестера.
6. Как выполняется диагностика электрооборудования?
7. Каков порядок осуществления диагностики дизельных двигателей?
8. Как выполняется диагностика топливной аппаратуры?

ТЕХНОЛОГИЯ РАЗБОРОЧНО-СБОРОЧНЫХ РАБОТ

Цель работы – закрепить теоретические знания и получить практические навыки по разработке и выполнению технологических операций разборки, сборки резьбовых соединений и соединений с натягом.

Студент должен знать: методику расчета моментов отворачивания и затяжки резьбовых соединений, усилий выпрессовки и запрессовки деталей в соединениях с натягом, температуры нагрева (охлаждения) деталей при сборке с помощью температурных деформаций, особенности конструкции и применения прессов, съемников, гайковертов, динамометрических и предельных ключей, ручного слесарного инструмента, технологические приемы, обеспечивающие качество соединений.

Студент должен уметь: обосновывать способ, оборудование и инструмент для разборочно-сборочных работ, разрабатывать и выполнять основные операции по разборке, сборке резьбовых соединений и соединений с натягом.

Задание на выполнение работы

1. Изучить технику безопасности при выполнении разборочно-сборочных работ.
2. Ознакомиться с оснащением рабочих мест, устройством и работой оборудования, приспособлений и инструмента.
3. Разработать технологию разборки, сборки резьбового соединения и выполнить основные ее операции.
4. Разработать технологию разборки, сборки соединений с натягом путем приложения осевого усилия и с использованием температурных деформаций деталей и выполнить основные ее операции.
5. Оформить и защитить отчет.

Оснащение рабочего места

1. Верстак слесарный ОРГ-1461-01-070А.
2. Пресс ОКС-1671М.
3. Пресс ОР-14593.
4. Комплект съемников и наставок.
5. Ванна для нагрева подшипников.
6. Сушильный электрический шкаф СНОЛ-3,5. 3,5. 3,5/3.
7. Ключ предельный ПТ-1206.
8. Ключ динамометрический ОРГ-8928.
9. Молоток с медным бойком ПИМ-1468-17-370.
10. Гайковерт пневматический ИП-3113.
11. Гайковерт электрический ИЭ-3114 А.
12. Набор слесарного инструмента ПИМ-1514.
13. Щипцы специальные.
14. Гаечные ключи с открытым зевом (ГОСТ 2839-80, ГОСТ 2841-80, ГОСТ 3108-71).
15. Кольцевые накидные гаечные ключи (ГОСТ 2906-80, ГОСТ 18828-73).
16. Торцевые гаечные ключи со сменными головками (ГОСТ 11737-74, ГОСТ 24372-80).
17. Гаечные комбинированные ключи (ГОСТ 16983-80).
18. Трещеточный механизм вращения торцевых головок.
19. Коловоротный механизм вращения торцевых головок.

Техника безопасности

К лабораторной работе допускаются студенты, прошедшие инструктаж по технике безопасности на рабочем месте, изучившие устройство оборудования и оснастки и овладевшие практическими навыками безопасного выполнения работ.

Перед началом практического выполнения лабораторной работы необходимо надеть спецодежду и средства защиты глаз. Спецодежда должна быть застегнута, не иметь свисающих концов, манжеты рукавов должны плотно прилегать к руке.

Приступая к работе, проверьте исправность оборудования, инструмента, приспособлений и оснастки.

Не допускается применение ключей, зевы которых не соответствуют размерам гаек. Запрещается установка прокладок между ключом и гайкой, наращивание и удлинение ключей другими ключами или трубкой. Безопасная работа гаечным ключом обеспечивается, если ключ тянуть на себя.

Съемники должны иметь исправные лапки, винты, тяги, упоры. При установке съемника необходимо обеспечить надежный захват демонтируемой детали лапками, соосность силового винта и снимаемой детали.

Перед началом работы с электроинструментом необходимо убедиться в его исправности, наличии заземления. Включать электрифицированный инструмент следует только перед самым началом работы. Необходимо следить за исправным состоянием изоляции питающего шнура, не допускается его повреждение и перекручивание. Работать с электроинструментом необходимо в резиновых перчатках, стоя на резиновом коврике.

Работу с пневмоинструментом необходимо производить только в рукавицах. Резиновый шланг нужно подсоединять до начала подачи воздуха. Запрещается отсоединять шланг от инструмента при открытой подаче воздуха.

Гайковерты включают в работу лишь после установки их на гайку или головку болта.

Установку и извлечение деталей из термощафа необходимо производить только с помощью специальных щипцов, надев рукавицы.

Категорически запрещается работать на прессе при неустойчивом положении деталей, наставок и подставок. Первоначальный пуск прессов производится обязательно в присутствии и с разрешения учебного мастера.

По окончании работ необходимо убрать рабочее место и сдать учебному мастеру.

Общие сведения

По технологическим признакам наиболее массовыми соединениями деталей машин являются резьбовые и соединения с натягом.

Резьбовые соединения в конструкциях сборочных единиц машин составляют 25–30 % общего числа соединений. Их приме-

няют для обеспечения неподвижности, прочности и герметичности сопрягаемых деталей, а также регулирования их взаимного положения.

Основная задача разборки резьбовых соединений – разъединение скрепленных деталей, обеспечивающее экономически целесообразное сохранение годности деталей разбираемой сборочной единицы. Процесс разборки резьбовых соединений сводится к отвертыванию гаек (35 %), болтов и винтов (31 %), шпилек (24 %), пробок и штуцеров (10%). На разборку резьбовых соединений в зависимости от конструктивных особенностей машин и вида ремонта приходится от 25 до 64 % трудоемкости разборочных работ.

Для разборки и сборки резьбовых соединений применяют ручной и механизированный инструмент.

К ручному инструменту относятся гаечные ключи следующих видов:

- двухсторонние с открытым зевом (ГОСТ 2839-80, ГОСТ 2841-80, ГОСТ 3108-71);
- кольцевые накладные двухсторонние (ГОСТ 2906-80, ГОСТ 18828-73);
- торцевые со сменными головками (ГОСТ 11737-74, ГОСТ 24372-80);
- гаечные комбинированные (ГОСТ 16983-80);
- специальные.

Из специальных ключей применяются ключи для круглых гаек и коловратные.

Накладные ключи охватывают все грани гайки, что придает им большую жесткость и долговечность. Ими можно поворачивать гайки на 30°, что является важным при работе в труднодоступных местах.

Значительное повышение производительности труда при разборке-сборке резьбовых соединений достигается применением специального ручного инструмента (коловратных, трещоточных и специальных ключей) и использованием механизированного инструмента (гайковертов).

По типу привода гайковерты делятся на пневматические, электрические и гидравлические.

Пневматические гайковерты имеют момент затяжки от 63 до 300 Н·м, характеризуются простотой конструкции и обслужива-

ния, достаточной надежностью и долговечностью, низким коэффициентом полезного действия (8–12 %).

Электрические гайковерты обеспечивают момент затяжки от 63 до 120 Н·м. Двигатели этих гайковертов работают при напряжении 36 В, частоте тока 200 Гц и имеют коэффициент полезного действия до 90 %.

Гидравлические гайковерты обеспечивают большой и стабильный крутящий момент, но из-за сложности конструкции, обслуживания и низкой надежности шлангов высокого давления их применяют ограниченно.

Критерием безопасности слесарно-монтажного инструмента является нормированное значение крутящего момента, который инструмент обязан выдерживать без поломок и деформаций.

Момент отворачивания гаек и болтов M , Н·м, определяется по зависимости

$$M = k_c \cdot d_{cp}^2, \quad (3.1)$$

где k_c – коэффициент, учитывающий состояние резьбового соединения ($k_c = 0,5–0,8$);

d_{cp} – средний диаметр резьбы, мм.

В целях надежной работы резьбового соединения при сборке необходимо обеспечить: установленные техническими требованиями на сборку величину затяжки; последовательность и равномерность затяжки гаек или болтов (рис. 3.1); перпендикулярность торца гайки и опорной части зажимаемой детали к оси резьбы; выполнение затяжки в несколько приемов: сначала с усилием, равным половине требуемого, а потом с полным усилием; предохранение от самоотвертывания (стопорение) требуемым способом. Способ контроля усилия затяжки резьбового соединения устанавливается техническими требованиями на сборку.

Для обеспечения установленных значений крутящих моментов при сборке ответственных резьбовых соединений используются динамометрические и предельные ключи: резьбовые соединения затягиваются отрегулированными на требуемый крутящий момент предельными ключами, а у каждого десятого соединения дополнительно контролируется полученный момент затяжки динамометрическим ключом.

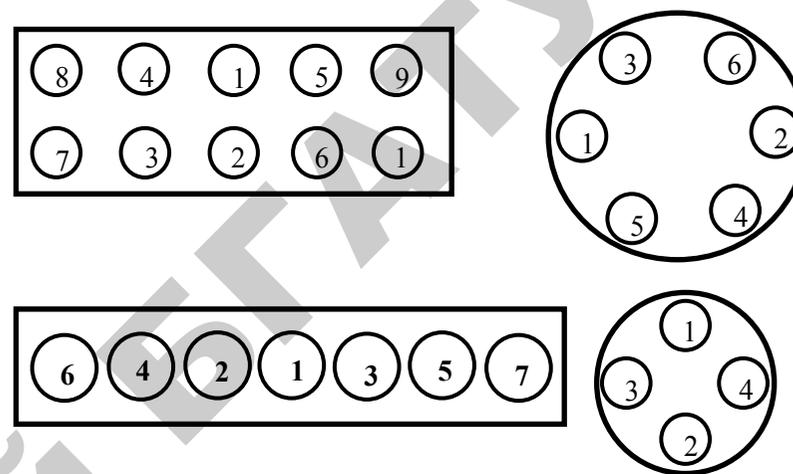


Рис. 3.1. Последовательность затяжки групповых резьбовых соединений

Максимальный крутящий момент затяжки неотответственного резьбового соединения M_{max} , Н·м, определяется по формуле

$$M_{max} = 0,1 \cdot d_{вн}^3 \cdot \sigma_{в}, \quad (3.2)$$

где $d_{вн}$ – внутренний диаметр наружной резьбы по дну впадин, мм;
 $\sigma_{в}$ – предел прочности при растяжении, МПа.

Соединения с натягом (прессовые) (10...12 %) – второе наиболее массовое соединение двух деталей в конструкциях машин. Среди этих соединений наиболее распространенные – соединения подшипников (28 %), втулок (23 %), шестерен (13 %), пальцев, осей и штифтов (11 %), манжет (8 %). Снимают и устанавливают детали с натягом путем приложения осевого усилия (механическим способом), использования температурных деформаций детали (нагрев охватывающей или охлаждение охватываемой детали).

Ориентировочно усилие выпрессовки $P_{в}$, кН, механическим способом, определяется по формуле

$$P_B = k_M \cdot N_{\max} \cdot L, \quad (3.3)$$

где k_M – коэффициент, учитывающий материал детали (для стали – 26, чугуна – 15);

N_{\max} – максимальный натяг, мм;

L – длина запрессованной части детали, мм.

Для приложения осевого усилия применяют съемники и прессы с коэффициентом запаса по развиваемому усилию $k_3 = 1,5 \dots 2,0$.

При механическом способе сборки охватываемая деталь запрессовывается в охватывающую в продольном направлении при 20 °С со скоростью до 5 м/с.

Применение этого способа рекомендуется для небольших натягов и определяется зависимостью

$$N_{\max} < 0,001 \cdot d, \quad (3.4)$$

где d – номинальный диаметр поверхности соединения, мм.

Усилие запрессовки подшипника на шейку вала $P_{зп}$, Н, определяется по формуле

$$P_{зп} = \frac{d}{d + 30} \cdot \frac{f \cdot E \cdot \pi \cdot B \cdot N_{\max}}{2k_{п}}, \quad (3.5)$$

где d – номинальный диаметр отверстия внутреннего кольца подшипника, мм;

f – коэффициент трения в соединении;

E – модуль упругости материала подшипника ($E = 2,2 \cdot 10^5$ МПа);

B – ширина кольца подшипника, мм;

N_{\max} – максимальный натяг, мм;

$k_{п}$ – коэффициент, характеризующий серию подшипника ($k_{п} = 2,78$ для подшипников легкой серии, $k_{п} = 2,27$ для подшипников средней серии,

$k_{п} = 1,96$ для подшипников тяжелой серии).

Усилие запрессовки шкивов, шестерен, втулок P_3 , Н, определяется по формуле

$$P_3 = \sigma_c \cdot \pi \cdot d \cdot L \cdot f, \quad (3.6)$$

где σ_c – напряжения сжатия на контактной поверхности, МПа;

d – номинальный диаметр соединяемых поверхностей, мм;

L – длина соединяемых поверхностей, мм;

f – коэффициент трения.

Величина напряжения сжатия σ_c , Н, определяется по формуле

$$\sigma_c = \frac{N_{\max} - \gamma}{d \cdot \left(\frac{C_1}{E_1} + \frac{C_2}{E_2} \right)}, \quad (3.7)$$

где N_{\max} – максимальный натяг, мм;

γ – показатель, учитывающий шероховатость соединяемых поверхностей, мм;

d – номинальный диаметр соединяемых поверхностей, мм;

C_1 и C_2 – коэффициенты, учитывающие геометрические размеры поверхностей;

E_1 и E_2 – модули упругости материалов охватываемой и охватываемой детали, МПа.

Показатель, учитывающий шероховатости соединяемых поверхностей γ , определяется по одной из формул:

$$\gamma = 1,2 \cdot (R_{z_1} + R_{z_2}); \quad (3.8)$$

$$\gamma = 5 \cdot (R_{a_1} + R_{a_2}), \quad (3.9)$$

где $R_{z_1}, R_{z_2}, R_{a_1}, R_{a_2}$ – показатели шероховатости соединяемых поверхностей.

Коэффициенты, учитывающие геометрические размеры поверхностей C_1 и C_2 , определяются по формулам:

$$C_1 = \frac{d^2 + d_0^2}{d^2 - d_0^2} - \mu_1; \quad (3.10)$$

$$C_2 = \frac{D^2 + d^2}{D^2 - d^2} + \mu_2,$$

где d – номинальный диаметр соединяемых поверхностей, мм;
 d_0 – диаметр центрального отверстия охватываемой детали (вала), мм;
 D – наружный диаметр охватывающей детали (втулки), мм;
 μ_1 и μ_2 – коэффициенты Пуассона охватывающей и охватываемой деталей.

Значения коэффициента трения f в зависимости от материала детали приведены в таблице 3.1.

Таблица 3.1

Значения коэффициента трения f			
Материал детали		f	
вал	втулка	при выпрессовке	при запрессовке
Сталь	Сталь	0,06...0,13	0,06...0,22
Сталь	Чугун	0,07...0,12	0,06...0,14
Сталь	Бронза, латунь	0,08...0,19	0,05...0,10
Сталь	Алюминий	0,03...0,09	0,02...0,08
Чугун	Бронза, латунь	0,08	0,08

Значения коэффициента μ и модуля упругости E приведены в таблице 3.2.

Таблица 3.2

Значения коэффициента μ и модуля упругости E		
Материал	μ	E , МПа
Сталь	0,3	$2 \cdot 10^5$
Чугун	0,25	$1,0 \cdot 10^5$
Бронза и латунь	0,35	$0,85 \cdot 10^5$
Алюминиевый сплав	0,32	$0,7 \cdot 10^5$

Сборку с помощью температурных деформаций осуществляют нагревом охватывающей детали, охлаждением охватываемой детали или комбинированным способом (охлаждением охватываемой и нагревом охватывающей).

Температура нагрева охватывающей детали определяется по формуле

$$t_n = \left(\frac{N_{\max} + S_{сб} + t_{сб}}{\alpha_p \cdot d} \right) \cdot k_t, \quad (3.11)$$

где N_{\max} – максимальный натяг, мм;

$S_{сб}$ – минимальный зазор, необходимый для свободной установки детали в отверстие и компенсации расширения детали в результате частичного ее нагрева при монтаже;

α_p – коэффициент линейного расширения при нагреве, 1°C ;

$t_{сб}$ – температура в сборочном помещении, $^\circ\text{C}$;

d – номинальный диаметр соединяемых поверхностей, мм;

k_t – коэффициент, учитывающий охлаждение детали во время ее монтажа ($k_t = 1,2-1,3$).

Минимальный зазор $S_{сб}$, необходимый для свободной установки детали для диаметров свыше 30 мм и времени монтажа до 2 мин, определяется зависимостью

$$S_{сб} = (0,6 - 0,7) \cdot 10^{-3} \cdot d. \quad (3.12)$$

Температура нагрева должна быть не выше 400°C . Коэффициенты линейного расширения и сжатия материалов представлены в таблице 3.3.

Таблица 3.3

Материал	Коэффициенты линейного расширения и сжатия	
	α , 1°C	
	расширения	сжатия
Сталь углеродистая и низколегированная	$11,0 \cdot 10^{-6}$	$8,5 \cdot 10^{-6}$
Серый чугун	$10,0 \cdot 10^{-6}$	$8,6 \cdot 10^{-6}$
Ковкий чугун	$10,0 \cdot 10^{-6}$	$8,0 \cdot 10^{-6}$
Медь	$16,0 \cdot 10^{-6}$	$14,4 \cdot 10^{-6}$
Бронза оловянистая	$17,0 \cdot 10^{-6}$	$15,0 \cdot 10^{-6}$
Латунь	$18,0 \cdot 10^{-6}$	$16,7 \cdot 10^{-6}$
Алюминиевые сплавы	$23,0 \cdot 10^{-6}$	$18,6 \cdot 10^{-6}$
Магнвиевые сплавы	$26,0 \cdot 10^{-6}$	$21,0 \cdot 10^{-6}$

Нагрев деталей осуществляют в кипящей воде ($t_n \leq 100$ °С), в масляных ваннах (110–130 °С), индукционным методом, в каменных электропечах и электрошкафах. Более равномерный нагрев достигается в жидкостной среде.

Для нагрева крупногабаритных охватывающих деталей используют переносные электроспирали, устанавливаемые в отверстие детали.

Температура охлаждения охватываемой детали определяется по формуле

$$t_0 = \left(t_{сб} - \frac{N_{max} + S_{сб}}{\alpha_{сж} \cdot d} \right) \cdot k_t, \quad (3.13)$$

где $\alpha_{сж}$ – коэффициент линейного сжатия при охлаждении, 1 °С.

Температура охлаждения охватываемой детали может колебаться от нескольких десятков градусов до температуры кипения жидкого азота (–196 °С). Для получения температуры до –70 °С используют холодильное оборудование. Температуру ниже –70 °С можно создать в специальных холодильных установках с готовыми хладоносителями. На практике применяют хладоносители: сухой лед (температура испарения –79 °С), сухой лед со спиртом (температура испарения около –100 °С), жидкий азот (температура испарения –196 °С).

При использовании холода сохраняются исходная структура и физико-механические свойства материала соединяемых деталей, получаются меньшие деформации, а время охлаждения охватываемой детали (особенно тонкостенной) меньше, чем время нагрева охватывающей. В связи с этим тонкостенные втулки целесообразно устанавливать в массивные корпуса. Однако, данный способ может быть использован только для соединений с относительно небольшими натягами. Примерные значения натягов, при которых целесообразно использовать способ охлаждения охватываемой детали, представлены в таблице 3.4.

Рекомендации по применению способа охлаждения детали

Диаметр охватываемой поверхности, мм	30-40	40-60	60-100	100-150	150-200
Натяг, мкм	27-10	33-15	53-20	80-25	125-50

Комбинированное соединение используют в тех случаях, когда нужно получить большие натяги.

Порядок выполнения работы

1. Изучить технику безопасности при выполнении разборочно-сборочных работ.
2. Изучить устройство и работу оборудования, приспособлений и инструмента.
3. Разработать технологию разборки, сборки резьбовых соединений:
 - определить по формуле (3.1) момент отворачивания резьбового соединения, подобрать инструмент и выполнить операцию разборки;
 - определить по формуле (3.2) максимальный момент затяжки резьбового соединения;
 - обосновать порядок, последовательность и моменты затяжки группового резьбового соединения, подобрать инструмент и выполнить операцию сборки.
4. Разработать технологию разборки, сборки соединения с натягом:
 - определить по формуле (3.3) усилие выпрессовки, подобрать оборудование и выполнить операцию разборки;
 - обосновать, используя формулу (3.4), способ сборки соединения с натягом;
 - определить по формуле (3.5) усилие запрессовки шарикоподшипника, подобрать оборудование, оснастку и выполнить операцию сборки;
 - определить по формуле (3.11) температуру нагрева шарикоподшипника, подобрать оборудование, оснастку и выполнить операцию его монтажа на вал;

- определить по формулам (3.73.10) усилие запрессовки детали, подобрать оборудование, оснастку и выполнить операцию сборки;
 - определить по формуле (3.11) температуру нагрева поршня дизельного двигателя, подобрать оборудование, оснастку и выполнить операцию сборки поршневого пальца с поршнем.
5. Оформить и защитить отчет.

Содержание отчета

1. Название и цель лабораторной работы.
2. Расчет момента отворачивания и обоснование инструмента для разборки резьбового соединения.
3. Расчет максимального момента затяжки резьбового соединения.
4. Схема сборки группового резьбового соединения с указанием порядка и последовательности его затяжки.
5. Расчет усилия и выбор оборудования для выпрессовки шарикоподшипника с вала.
6. Обоснование способа сборки соединения с натягом.
7. Расчет усилия и выбор оборудования для запрессовки шарикоподшипника на шейку вала.
8. Расчет температуры, выбор способа и среды нагрева шарикоподшипника при его установке на вал с помощью температурной деформации.
9. Расчет усилия и выбор оборудования для сборки соединения с натягом механическим способом.
10. Расчет температуры, выбор способа и среды нагрева поршня дизельного двигателя при установке в него пальца.

Контрольные вопросы

1. Как определяется момент отворачивания резьбового соединения?
2. Как классифицируются гайковерты по типу привода?
3. В чем недостатки пневматических гайковертов?
4. Какие виды ключей применяются для разборки резьбовых соединений?

5. Какие основные требования к сборке резьбовых соединений?
6. Как рассчитывается усилие выпрессовки деталей соединений с натягом?
7. Какие применяются способы монтажа соединений с натягом?
8. Назовите основные способы и применяемые среды нагрева и охлаждения деталей при сборке соединений с натягом термомодеформацией.
9. Назовите соединения деталей двигателя, сборка которых производится способом температурной деформации.

ОЧИСТКА ДЕТАЛЕЙ И СБОРОЧНЫХ ЕДИНИЦ

Цель работы – закрепить теоретические знания и получить практические навыки по очистке деталей и сборочных единиц при ремонте сельскохозяйственной техники.

Студент должен знать: правила безопасной работы, виды, свойства и способы удаления загрязнений деталей и сборочных единиц, физико-химические основы моющего действия, применяемые очистные технологические среды и оборудование, способы контроля качества сред и очистки изделий.

Студент должен уметь: обосновать технические требования и произвести очистку объектов, оценить влияние различных факторов на качество очистки, назначить оптимальные режимы функционирования моечных машин, оценить качество моечных сред и очистки изделий.

Задание для выполнения работы

1. Изучить правила техники безопасности при очистке деталей и сборочных единиц.
2. Ознакомиться с оснащением рабочего места.
3. Изучить виды загрязнений деталей и сборочных единиц сельскохозяйственной техники, их свойства и способы удаления; физико-химические основы моющего действия; очистные технологические среды, их характеристику и условия применения; оборудование, применяемое для очистки деталей и сборочных единиц, и способы контроля качества очистки.
4. В зависимости от вида загрязнений выбрать технические моющие средства, проверить их концентрацию в растворе и предварительно назначить технологические параметры очистки.
5. Произвести очистку загрязненных деталей (образцов) с исследованием влияния продолжительности и способа активации очищающей среды на качество очистки.

6. Установить оптимальные режимы и эффективность интенсификации очистки и на их основе разработать схему технологического процесса очистки изделия.

7. Начертить график зависимости качества очистки от способа активации моющего раствора и продолжительности очистки.

Техника безопасности

1. Запрещается касаться электропроводки и корпуса работающего электродвигателя.

2. При работе с синтетическими моющими средствами и при приготовлении моющих растворов возможно попадание брызг на слизистую оболочку глаз. Для предупреждения этого необходимо применять индивидуальные средства защиты: очки, респиратор, перчатки и предварительно смазывать руки до локтя защитными кремами. При попадании растворов моющих средств в глаза их необходимо промыть водой и протереть марлевой салфеткой.

3. При работе с растворителями и растворяюще-эмульгирующими средствами следует знать, что они в различной степени токсичны и могут оказывать вредное, отравляющее действие на организм человека.

При вдыхании воздуха, содержащего пары растворителей, наблюдается раздражение слизистой оболочки дыхательных путей, нарушения в работе нервной и сердечно-сосудистой систем.

Наиболее токсичными являются моющие средства типа «Ритм», содержащие трихлорэтилен. Эти средства следует хранить только в закрытых металлических бочках с надписями «осторожно», «ядовитые вещества».

При использовании препарата АМ-15 на основе ксилола необходимо соблюдать правила, обеспечивающие безопасность обслуживающего персонала. Пары ксилола необходимо удалять вентиляционными устройствами. Мыть руки препаратом АМ-15 категорически запрещается, так как он обезжиривает кожу, снижая тем самым ее сопротивляемость к заболеваниям. Для защиты рук рекомендуется применять рукавицы или перчатки из ткани, покрытой поливинилхлоридом. Кроме того, можно использовать защитные мази и пасты ХИОТ (ФСЧ2-442-72), ЙЭР-1 (ФС 42-501-72), «Айро» (ТУ6-15-635-71), крем «Силиконовый» (ОСТ-18-91-72), которые тонким слоем наносятся на поверхность кожи.

Оснащение рабочего места

1. Моечная машина ОРГ-4990Б для очистки деталей.
2. Набор малогабаритных установок с электроподогревом для очистки изделий:
 - а) с качающейся платформой (ванна № 1) с частотой 20 мин⁻¹ и амплитудой до 15 мм;
 - б) с вращающимся барабаном (ванна № 2) с частотой вращения 0,3–1 с⁻¹; с вращением в разные стороны;
 - в) с гребным винтом и вращающимися подвесами (ванна № 3) с частотой вращения 1,5 мин⁻¹.Принципиальные схемы работы установок показаны на плакатах.
3. Ванны с холодной и горячей водой.
4. Технические средства:
 - а) в виде порошков: ЕС-очиститель, ЕС-тракшампунь 129, 250, ЕС-нафтоль («Лабомид-101», «Лабомид-203», МС-6, МС-8);
 - б) в готовом виде препараты-концентраты: АМ-15, эмульсин, «Ритм», дизтопливо.
5. Объекты исследования: образцы – стальные пластины (70×35×2 мм) и диски (диаметром 35 мм, шириной 12 мм) из ст. 3, шероховатость $Ra = 1,25$ мкм.
6. Емкости с модельными загрязнителями, моделирующие:
 - а) асфальтосмолистые отложения (отработанное моторное масло М10Г2 – 36 %, кварцевая пыль (ГОСТ 8.002-74) – 56 % и остальное – битум БНД 90/130 (ГОСТ 22245-76) – ЗМА. Наносятся на поверхность при 453К (180 °С);
 - б) отработанное моторное масло (ГОСТ 4002-53) – ЗММ-1;
 - в) отработанное трансмиссионное масло – ЗММ-2;
 - г) солидол (ГОСТ 4366-64) – ЗМС-3.
7. Ареометр (ГОСТ 1300-74).
8. Анализатор моющих растворов АМР-4Т.
9. Термометр с заданной температурой контактирования, прямой, ТНК (ГОСТ 9871-61).
10. Термометр лабораторный 273...373 К (0...100 °С).
11. Выпрямитель ВСМ-111.
12. Весы аналитические АДВ-200.
13. Штангенциркуль с ценой деления 0,1 мм 0...125 (ГОСТ 166-80).
14. Емкость с венской известью.

15. Кисти акварельные.
16. Секундомер.
17. Сушильный шкаф с терморегулятором.
18. Наждачная бумага.
19. Салфетки бумажные.
20. Фильтровальная бумага.
21. Плита электрическая.
22. Стаканы химические из термостойкого стекла (ГОСТ 10394-72).
23. Стеклянные палочки.
24. Пипетки.
25. Фарфоровая или мраморная крошка Ø 6–10 мм.
26. Ветошь.
27. Индивидуальные средства защиты (прорезиненный фартук, резиновые перчатки, очки).
28. Шланг-сифон.

Общие сведения

Очистка – одна из важнейших подготовительных операций при восстановлении деталей. Основные требования к качеству очистки – полное удаление всех загрязнений, что позволяет определить действительное механическое состояние детали, установить степень ее пригодности для восстановления и назначить способ устранения каждого дефекта. Наличие жировых и других загрязнений на деталях, подлежащих окраске или покрытию гальваническими или химическими способами, приводит к шелушению и отслоению этих покрытий в процессе эксплуатации. Загрязнения на деталях, восстанавливаемых наплавкой, вызывает образование в наплавленном металле пор и раковин. Некачественная очистка деталей снижает послеремонтную наработку агрегатов на 20–30 %.

Управляющее воздействие на процесс очистки можно оказывать с помощью:

- режимных параметров (температура, механическая энергия, объем, удельный расход, и интенсивность использования моющих растворов, продолжительность процесса и его стадий);

- способа механической интенсификации процесса (струйный, пароструйный, погружные – вибрационный, кавитационный, ультразвуковой, электрохимический, виброабразивный и т.д., циркуляционный, комбинированный);

- технологической схемы очистки – одно- или многостадийная, соответствующая видам отмываемых загрязнений и степени доступности загрязненных поверхностей (многостадийная очистка предусматривает наружную чистку, очистку агрегатов и сборочных единиц, очистку деталей после восстановления, очистку перед сборкой и окраской);

- предварительного модифицирования загрязнений пропаркой, растворением или другими способами;

- конструкцией моечного оборудования (геометрическая и энергетическая характеристика рабочей зоны, объем, расположение и геометрия баков-отстойников, способ нагрева и схема циркуляции моющего раствора);

- состав очищающего средства (рецептура моющих средств, концентрация раствора, жесткость воды).

Технология очистки воды сводится к научно обоснованному выбору, реализации и строгому соблюдению управляющих факторов, с помощью которых можно при минимальной себестоимости получить регламентированные (или желательные) выходные параметры. Эта себестоимость должна включать и расходы на чистку загрязненных растворов, и компенсацию возможного ущерба от загрязнения природы.

Порядок выполнения работы

Изучить виды загрязнений деталей сельскохозяйственной техники, их свойства, способы и режимы очистки

Загрязнения деталей сельскохозяйственной техники можно разделить на эксплуатационные и технологические (рис. 4.1).



Рис. 4.1. Классификация загрязнений

Эксплуатационные загрязнения на наружных и внутренних поверхностях различны. На наружных поверхностях находятся остатки материалов, с которыми взаимодействовала машина, масла и смазки, грязевые отложения, герметизирующие частицы, лакокрасочные материалы, продукты коррозии и др. Загрязнения на внутренних поверхностях представляют собой углеводородные отложения как результат старения и химико-термического превращения смазочных материалов и масел, продукты изнашивания, остатки герметизи-

рующих паст и прокладок, а также накипь, образующуюся от взаимодействия охлаждающих жидкостей с металлическими стенками.

Детали машин в процессе восстановления покрываются технологическими загрязнениями (окалиной, стружкой, притирочными пастами, моторными маслами, очистными материалами, продуктами приработочного износа и др.). Такие загрязнения уступают эксплуатационным по прочности и массе, но они должны быть удалены с деталей перед сборочными операциями. В начале процесса ремонта машины ее детали очищают от эксплуатационных загрязнений, а по завершению восстановления деталей и перед окраской агрегатов с поверхностей удаляют технологические загрязнения.

По химическому составу основная масса загрязнений подразделяется на две группы: минеральные (кремнеземные) и органические (углеводороды).

Кремнеземные загрязнения образуются на поверхностях деталей в результате их взаимодействия с почвой и почвенной пылью.

Углеводородные загрязнения появляются от взаимодействия топлива и масел с газами и влагой, продуктами изнашивания и поверхностями деталей при повышенной температуре. Они включают следующие группы веществ: масла и нейтральные смолы, оксикислоты, асфальтены, карбены и карбоиды, несгораемый остаток (золу). Нейтральные смолы входят в состав нефтепродуктов. Они полностью растворяются в петролейном эфире и бензине. Оксикислоты способны образовывать соли в результате диссоциации, окисления и реакции омыления. Асфальтены – продукты уплотнения нейтральных смол, хрупкие неплавкие вещества, разлагающиеся при температуре больше 300 °С с образованием кокса и газов. Асфальтены растворяются в бензоле, хлороформе и сероуглероде. Карбены и карбоиды – продукты уплотнения и полимеризации углеводородов при термическом разложении масел и топлива. Карбены растворимы в сероуглероде и пиридине, а карбоиды нерастворимы ни в каких растворителях. С повышением температуры и возрастанием времени окисления масел наблюдается количественный рост окси-

кислот, асфальтенов, карбенов и карбоидов в загрязнениях с увеличением доли веществ, содержащихся в конце приведенного ряда.

В зависимости от соотношения составляющих веществ углеводородные загрязнения подразделяются на масляные, асфальтосмолистые, лаковые и нагар. Масла на ранней стадии окисления и загрязнения присутствуют на большинстве поверхностей деталей. Удаление таких загрязнений затруднено, так как в процессе эксплуатации машины они окисляются и разлагаются, в результате чего их связь с металлической поверхностью детали значительно возрастает. Асфальтосмолистые отложения состоят из веществ, которые не растворяются в масле и обладают большей по сравнению с ним плотностью. Состав отложений: окисленные масла и смолы – 40–80 %; карбены, карбоиды и зола – 10–30 %. Лаковые отложения (пленки) образуются на немногочисленной группе деталей, например на шатунах и поршнях, за счет тонкослойного окисления масла. Нагары представляют собой твердые углеродистые частицы, образующиеся в результате сгорания топлива и масел, которые оседают на тонкой пленке липких высокомолекулярных соединений масла. Основу нагара составляют карбены и карбоиды (30–70 %), масла и смолы (8–30 %), остальное – оксикислоты, асфальтены и зола. Большое количество нерастворимых и труднорастворимых компонентов нагара затрудняют его удаление. Накипь образуется на внутренних стенках радиаторов и рубашек охлаждения двигателей. Ее образование обусловлено содержанием в воде в растворенном состоянии солей кальция и магния. Различают жесткость воды временную и постоянную. Временную жесткость устраняют кипячением, она вызвана растворением в воде бикарбонатов кальция $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ и магния $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$, сульфата кальция CaSO_4 , силиката магния MgSiO_2 и др. При нагревании воды до 70–80 °С или кипячения из нее выпадают соли – продукты термического разложения бикарбонатов, а так же силикаты и сульфаты магния и кальция. Постоянная жесткость обусловлена солями, выпадающими в осадок при повышенной температуре воды. По химическому составу накипь разделяют на карбонатную (CaCO_3 и MgCO_3), сульфатную (CaSO_4), силикатную (MgSiO_3) и смешанную.

Разнообразие видов загрязнений и разные значения их одноименных свойств требуют дифференцированного подхода к назначению технологических воздействий для отделения этих загрязнений.

Качественную очистку поверхностей деталей обеспечивает многооперационный процесс (рис. 4.2). Необходимая степень очистки достигается различными способами: механическим, физико-химическим (струйная, погружная, ультразвуковая, комбинированная), химико-термическим (щелочной расплав) (табл. 4.1) и режимами очистки (табл. 4.2).



Рис. 4.2. Последовательность операций очистки поверхностей детали от эксплуатационных загрязнений

Способы удаления загрязнений

Способы	Виды загрязнений							
	Дорожно-почвенные отложения (дорожная грязь, маслянисто-грязевые и растительные остатки)	Остатки агрохимикатов (минеральные и органические удобрения, ядохимикаты и т. д.)	Остатки горюче-смазочных материалов	Асфальтосмолистые отложения	Нагар	Накипь	Продукты коррозии	Старые лакокрасочные покрытия
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Механический								
Ручной с использованием механизированного инструмента	–	–	–	++	+	+	+1	+1
Механизированный (аппараты пескоструйного типа, галтовка, очистка стеклосферой, косточковой, мраморной, полиэтиленовой крошкой и т. д.)	–	–	–	–	++	++	++	+
Виброабразивный	–	–	–	+++	+++	++	++	++
Струйный								
Низконапорный при давлении до 0,5 МПа	+	+	+++2,4	+++2,4	–	–	–	–
Средненапорный при давлении до 1,5 МПа	+++	+5	+++	+	–	–	–	–

Окончание таблицы 4.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Высоконапорный при давлении 20 МПа	+++4	+++5	+++4	++3,4	–	–	–	++6
Гидроабразивный при давлении 10 МПа	+++	++	+++4	++4	+++	+++	+++	+++
Пароводоструйный	++4	+++5	+++4	++4	–	–	–	++6
Погружной								
Раствором синтетического моющего средства	++	++5	++	+++	–	–	–	++6
Кислотным раствором	–	–	–	–	–	++	++	–
Растворяюще-эмульгирующим средством	++	–	–	+++	+	–	–	+
Щелочным раствором в расплаве солей	–	–	–	–	+	+	–	++
Ультразвуковой	–	–	+	+	+	–	+	–
Циркуляционный								
Кислотный раствор	–	–	–	–	–	+	+	–
<p>Обозначения: +++ перспективный способ; ++ применение способа эффективно; + применение способа малоэффективно; – применение способа нецелесообразно; 1 – подготовка поверхности при местной подкраске; 2 – низкое давление (до 0,5 МПа) рекомендуется для машинной мойки, высокое (свыше 1,5 МПа) – для ручной мониторинной мойки; 3 – для удаления асфальтосмолистых отложений в условиях хозяйств рекомендуется мониторинная мойка струями высокого давления; 4 – с применением растворов синтетических моющих средств; 5 – с применением специальных нейтрализующих средств «Комплекс», «Диас» и др.; 6 – с применением щелочных растворов с ускорителями</p>								

Выбор способа очистки детали зависит от вида загрязнений, конструкции и материала детали, объема производства, специали-

зации и других факторов. При ремонте машин с поверхностью деталей и узлов приходится удалять масло и смазки, пыль и растительные остатки, смолы, коксы, нагары, асфальтосмолистые отложения и продукты коррозии, накипь и лакокрасочные покрытия, отложения агрохимикатов. Многообразие загрязнений требует применения различных способов и средств для их удаления. При их выборе необходимо исходить из возможности получения наибольшей экономической эффективности, наименьшей энергоемкости процесса очистки, рациональной технологии и необходимого качества очистки с соблюдением требований экологической безопасности выполняемых работ.

Перечень основных операций многостадийной очистки, оборудование для выполнения этих операций и режимы очистки приведены в таблице 4.2.

Качественное выполнение работы при многостадийной очистке деталей узлов и агрегатов позволит:

- повысить производительность труда на рабочих местах на 20–30 %;
- повысить качество дефектации деталей, культуру производства;
- обеспечить чистоту на рабочих местах ремонтного предприятия;
- повысить ресурс отремонтированных агрегатов и машин на 20–36 %.

Изучить физико-химические основы моющего действия

Очистные материалы подразделяются по виду основного технологического эффекта, сопровождающего процесс, на растворяющие, эмульгирующие и диспергирующие. Первые два вида сред, которые получили наибольшее распространение, применяются в жидком виде, а последний – в жидком или твердом состоянии.

Основные явления, обуславливающие очистное действие среды, включают: растворение, физико-химическую адсорбцию, смачивание, эмульгирование, диспергирование, пенообразование и стабилизацию загрязнений.

Растворение – это процесс образования однородной системы из двух веществ с равномерным распределением одного вещества в другом. Наибольшей взаимной растворимостью характеризуются вещества со сходным строением и свойствами – «подобное растворяется в подобном».

Адсорбция поверхностно-активных веществ (ПАВ) сопровождается концентрацией молекул моющей среды на поверхности загрязнений, что приводит к последующему разрушению загрязнения (диспергированию). Чем выше адсорбционная способность моющего состава, тем выше его моющие качества и, прежде всего, смачиваемость.

Смачивание заключается в растекании капли жидкости, помещенной на поверхности твердого тела. Это свойство зависит от поверхностного натяжения жидкости, сочетания составов жидкости и твердого тела. При малом поверхностном натяжении жидкость легко проникает в трещины и поры между частицами загрязнений; молекулы ее адсорбируются на поверхности частиц и, создавая расклинивающее действие, отрывают загрязнения от поверхности детали. Вода плохо смачивает маслянистые загрязнения, нагары и другие отложения, но если в воду добавить ПАВ, то значительно повышается эффективность очистки. ПАВ ослабляют адсорбционные силы, связывающие металлы с масляной пленкой.

В процессе мойки деталей образуется эмульсия, представляющая собой смесь мелкодисперсных частиц масла и моющего раствора. Для того чтобы частица масла повторно не осаждалась на деталях, в раствор добавляют эмульгаторы: жидкое стекло или хозяйственное мыло, тринатрийфосфат. Эмульгаторы, молекулы которых адсорбируются на поверхности капелек жидкой фазы, препятствуют слиянию и выпаданию их из моющего раствора.

Способность моющих растворов удерживать в течение некоторого времени частицы загрязнений во взвешенном состоянии называется стабилизирующей способностью раствора.

В процессе очистки объектов моющих состав загрязняется. С целью улучшения очистки в моющие составы добавляют пенообразующие ПАВ. Пена всплывает на поверхность моющего раствора, унося прилипшие частицы загрязнений. Удаление пены производится периодически путем подъема уровня жидкости в ванне, передувая воздухом, паром или другими способами.

Рассмотренный механизм очистки характерен для загрязнений, образование которых не связано с химическими превращениями поверхностных слоев металла изделия. Такие загрязнения, как коррозия, нагары, имеют очень прочное сцепление с поверхностью очищаемых деталей. Для удаления подобных загрязнений применяют механическую обработку, обработку растворами кислот, в расплаве солей и другие способы. От накипи детали очищают в растворе соляной кислоты с концентрацией 5–10 %, в который добавляют ингибиторы (уротропин, хромпик) с целью предотвращения коррозионного поражения металлов.

Для удаления накипи также используют растворы молочной, уксусной и фосфорной кислот. Очистка деталей осуществляется погружением их в ванну с кислотным раствором при температуре 30–50 °С.

Ознакомиться с очистными технологическими средами

В соответствии с механизмом удаления загрязнений все очищающие средства (исключая расплавы солей, абразивные и травильные среды, механические воздействия) можно сгруппировать в четыре класса (табл. 4.3).

Таблица 4.3

Классификация технических моющих средств (ТМС)

Класс очищающих средств	Составы моющих средств	Типичные представители	Рабочая температура, °С
Щелочные моющие средства	Щелочи, щелочные соли	Каустическая сода, кальцинированная сода	80 – 100
Синтетические моющие средства (СМС)	Минеральные соли, синтетические ПАВ, стабилизаторы	Лабомид 101 (102), Темп-100Д, Вимол, Темп-200Д, Триас, МС-15, МС-17, МЛ-72, МЛ-80Д, МС-8, ДИАС	70 – 90
Растворяюще-эмульгирующие моющие средства (РЭС)	РЭС-1 РЭС-2	Углеводороды, горючие ПАВ, стабилизаторы Хлорированные углеводороды, негорючие ПАВ, стабилизаторы, ароматические углеводороды	Дизтопливо, керосин, кенол, растворители, бензин, толуол, ацетон и др. АМ-15, Лабомид 315 (Ритм), Лабомид 312, ДВЛ-1, Лабомид 311
Универсальные биоразлагаемые моющие средства	Концентрированные водорастворимые жидкости, разлагаемые анионоактивные, катионоактивные и неогенные ПАВ	ЕС-очиститель, ЕС-тракшампунь 250, УМОС, автолик 11, ЕС-Дескалер 2, ЕС-Дескалер М	10 – 80

Щелочные составы характеризуются физической и химической стабильностью, относительно невысокой стоимостью. Даже при высокой концентрации они не обладают достаточной химической активностью по отношению к асфальтосмолистым отложениям и ГСМ. Кроме того, они способствуют коррозии, особенно деталей из цветных металлов и сплавов. В настоящее время их не рекомендуется применять для очистки деталей. Концентрированные растворы едкого натра (5 – 12 %) в настоящее время используют в основном для удаления старых лакокрасочных покрытий. Щелочные составы токсичны, при попадании на кожу вызывают ожоги; у работающих с такими составами ногти становятся ломкими.

Очистка деталей в СМС лишена многих из этих недостатков.

Синтетические моющие средства (СМС) выпускаются промышленностью в виде порошков, хорошо растворяются в теплой (50–60 °С) воде, малотоксичны, не вызывают ожогов кожи.

Для струйных машин рекомендуются СМС: МС-6, МС-8, МС-15, МС-17, Темп-100Д, Лабомид 101 (102), ДИАС концентрацией 10–20 г/л. СМС типа Темп-100А, Темп-100Д одновременно пассивируют очищаемые поверхности деталей, предохраняя их от коррозии.

СМС типа Лабомид 203, МС-18, МЛ-8Д, МЛ-72, ТРИАС, Темп-100М, Темп-200Д, ДИАС предназначены для очистки деталей от асфальтосмолистых отложений методом погружения в ванну с активацией раствора, концентрацией 20–30 г/л. Все растворы СМС требуют нагрева (72–90 °С). Нецелесообразно повышать концентрацию моющих средств более 30 г/л, поскольку это не повышает качества очистки поверхности, но затрудняет очистку загрязненных растворов.

ТМС Темп-200Д обладают деземულიрующими свойствами, т. е. способствуют хорошему осветлению моющих растворов при простом отслаивании.

Несмотря на ряд положительных свойств, СМС имеют и недостатки, что вызывает необходимость разработки более активных моющих средств. СМС не обеспечивают по ГОСТу 18206–78 качество очистки деталей от тяжелых асфальтосмолистых отложений (их более 50 % у тракторов и автомобилей), имеют относительно невысокую скорость очистки и тем самым ограничивают пропускную способность моющего оборудования, требуют больших затрат тепла на поддержание рабочих температур моющих растворов.

Растворяюще-эмульгирующие средства (РЭС) применяют для удаления тяжелых асфальтосмолистых отложений при нормальных температурах. Все РЭС токсичны, поэтому их рекомендуют использовать в герметизированных машинах погружного типа с соблюдением особых мер безопасности, без активации раствора.

РЭС типа АМ-15 (ксилол 70–76 %, ализариновое масло 20–28 %, оксиэтилированные спирты (ПАВ) – остальное) используются для очистки деталей от асфальтосмолистых отложений. Процесс очистки предусматривает две последовательные операции: погружение и выдержку деталей в течение 30–60 минут в 100%-м растворе АМ-15 и последующую доочистку водой или в 1%-м растворе СМС при температуре 60–70 °С.

РЭС типа Ритм (Лабомид 315) – хлорированные углеводороды, ПАВ, стабилизаторы и активатор используются для очистки деталей от загрязнений близких к нагарообразованию. Технология очистки включает две стадии:

- погружение и выдержку в препарате деталей в течение 2–3 часов при нормальной температуре;
- ополаскивание очищенных деталей водным раствором СМС типов МС, Темп концентрацией 15–20 г/л.

Применение РЭС для очистки асфальтосмолистых отложений сокращает расход тепла в 3–6 раз по сравнению с растворами СМС.

Большую перспективу имеет применение универсальных биоразлагаемых моющих средств, которые полностью отвечают санитарно-гигиеническим требованиям. Они обладают высокой моющей способностью, нетоксичны, взрыво- и пожаробезопасны, полностью биоразлагаемы и безопасны для окружающей среды, работают за счет эффекта синергизма (свойства смеси обладать лучшей моющей способностью, чем каждый из ее компонентов). Эти многокомпонентные многоцелевые системы выпускаются промышленностью в виде концентрированных водорастворимых жидкостей, шампуней, растворителей (табл. 3.4), применяются для очистки деталей, сборочных единиц и машин в виде водного раствора концентрацией 3–5 % при температуре 10–100 °С в основном в мониторинговых моечных машинах высокого давления в виде водного раствора или концентрата. Используемые для их производства ингредиенты легко растворяются в воде, остаточное количество химических веществ полностью разлагается при биологической очистке, причем содержащиеся в них ПАВ также практически полностью разлагаемы. Основой их являются щелочи и слабые кислоты.

Таблица 4.4

Универсальные биоразлагаемые ТМС

Наименование	Марка	Рекомендации по применению и основные особенности
Авто-шампунь	ЕС-Грепт-А-шампунь	Очистка наружных частей машин от почвенных и маслянистых загрязнений. Высокая моющая способность, сильное обезжиривающее действие. Не вызывает коррозии
Авто-шампунь	ЕС-Трак-шампунь 129	Очистка автотракторной техники от пылегрязевых и эксплуатационных загрязнений. Не воздействует на лакокрасочные покрытия
Сильный шампунь	ЕС-Трак-шампунь 250	--/--
Очиститель двигателя внутреннего сгорания	ЕС-очиститель	Удаление комбинированных загрязнений, ГСМ, нагаров с узлов и агрегатов. Экономичное концентрированное средство. Сильное обезжиривающее и антистатическое действие
Концентрированный очиститель	ЕС-Нафтоль	Удаление жирных, маслянистых загрязнений. Эффективен для очистки агрегатов, деталей. Жидкий щелочной продукт
Жидкий очиститель	ЕС-Десклер-2	Удаление накипи, известковых отложений с керамики, хромированных изделий, нержавеющей сталей и др. кислотоустойчивых поверхностей
Средство моющее	УМОС	Мойка техники от маслянистых загрязнений, удаление нагаров, лакокрасочных покрытий
Средство моющее	УниДар	Очистка МТП от тяжелых маслянистых загрязнений, ионов тяжелых металлов и других радиоактивных загрязнений
Концентрированные жидкие очистители	ЕС-Люксол-К, ЕС-Люксол-К2, ЕС-Люксол-К50	Очень активные. Удаление белков, животных и растительных масел и др. загрязнителей со всех типов поверхностей в пищевой промышленности
Специальный жидкий очиститель	ЕС-Алюклин 2, ЕС-Алюклин Экстра	Очистка очень сильно загрязненных поверхностей из алюминия и др. мягких металлов. Очистка контейнеров, фасадов зданий, транспорта, оборудования, пластика, окрашенных поверхностей и др. покрытий

Щелочность моющих растворов является одним из важнейших факторов, определяющих эффективность очистки – способность растворов нейтрализовать кислые компоненты загрязнений, омылять масла, снижать жесткость воды. Общая щелочность определяется титрованием кислотой с индикатором метилоранжем, а активная – титрованием с фенолфталеином. Моющее действие растворов зависит от уровня активной щелочности. Показателем щелочности служит водородный показатель pH. Теоретически он определяется как логарифм обратной величины концентрации ионов водорода, а практически – по индикаторной бумаге и по плотности раствора.

Детали с прочными загрязнениями, например, асфальтосмолистыми отложениями, необходимо очищать при pH = 11,8–13,8. Для непрочных загрязнений (масляных) очистку можно вести при pH = 10–11,5. При снижении pH необходимо добавлять активные щелочи.

Применять эти средства необходимо в герметизированных машинах погружного типа с соблюдением особых мер безопасности.

Прочные неомыляемые загрязнения можно удалить с поверхности детали путем их механического дробления потоком твердых частиц (косточковой крошкой, стеклянными шариками диаметром 0,3–0,8 мм, частицами полиэтилена или полиамида, корундом, чугунной или стальной дробью, кварцевым песком). Среда переноса этих частиц – сжатый воздух, вода, раствор ТМС.

Расплав щелочей и солей, который состоит из едкого натра NaOH, азотнокислого натрия NaNO₃ и хлористого натрия NaCl, очищает поверхность деталей практически от всех видов загрязнений, но процесс этот очень энергоемкий и экологически небезопасный.

Серную и соляную кислоты используют для травления, очистки от продуктов коррозии, накипи, лакокрасочных покрытий и асфальтосмолистых отложений. Применяют также уксусную, щавелевую и нафтеновую кислоты.

Растворы каустической соды применяют в выварочных ваннах для снятия старой краски.

Перспективно применение гранулированного сухого льда, который полностью испаряется после очистки поверхности.

Изучить способы контроля и корректировки моющих растворов

Потеря моющей способности растворов вызывается обычно их разбавлением. Большая доля щелочных компонентов расходуется на реакцию с загрязнениями и умягчение воды.

На ремонтных предприятиях потерянную воду доливают, но не всегда дополняют необходимое количество щелочи или ТМС. Естественно, что при этих условиях через 2–3 дня моющая способность раствора резко снижается, так как он оказывается сильно разбавленным. В этой связи важное значение приобретает контроль концентрации моющего раствора.

Концентрация моющего средства определяется косвенными методами измерением параметров плотности и электропроводности (табл. 4.5 и 4.6).

Таблица 4.5

Плотность растворов моющих средств, г/см ³							
Концентрация раствора, г/л	Лабомид-101, МС-6	Лабомид-203, МЛ-52	Едкий натр NaOH	Концентрация раствора, г/л	Лабомид-101, МС-6	Лабомид-203, МЛ-52	Едкий натр NaOH
2,5	–	1,003	–	30	1,024	1,022	1,032
5	1,008	1,006	–	35	1,028	1,026	–
10	1,008	1,008	1,010	40	1,031	1,030	1,043
15	1,012	1,012	–	50	1,040	1,037	1,054
20	1,016	1,015	1,021	80	~	–	1,087
25	1,021	1,020	~	100	–	–	1,109

Таблица 4.6

Общая щелочность растворов ТМС в пересчете на NaOH			
Концентрация раствора, г/л	Едкий натр NaOH	Лабомид 101	Лабомид 203
2,5	–	0,06	–
5,0	0,37	0,09	0,09
10,0	0,74	0,12	0,37
15,0	1,08	0,25	0,56
20,0	1,46	0,23	0,71
25,0	1,84	0,46	–
30,0	2,17	0,56	1,02
50,0	3,81	–	–
80,0	6,93	–	–
100,0	7,59	–	–

Наиболее простым способом проверки концентрации щелочных препаратов в водных растворах является определение их щелочности. Косвенный показатель щелочности pH можно определить по индикаторной бумаге и по плотности раствора. Плотность раствора замеряется ареометром (ГОСТ 1300-74), по табл. 4.5 определяется содержание ТМС.

Для контроля концентрации растворов применяют также следующие устройства: АМР-4, АМП-4Т и Конкор-1. Они обеспечивают измерение концентрации моющего средства в очистных растворах в пределах 5–40 г/л при диапазоне температур 20–95 °С. Погрешность измерения составляет 4%. Принцип работы анализаторов основан на вычислении концентрации по электропроводности и температуре. Анализатор АМР-4 имеет автономное питание и выдает в течение 3 минут цифровое значение концентрации без поднастройки в диапазоне температур 45–95 °С. Анализаторы АМР-4Т и Конкор-1 в отличие от АМР-4 имеют питание от электросети напряжением 220 В. Кроме того, анализатор Конкор-1 оснащен устройством для формирования и подачи сигнала на управление исполнительным механизмом дозирования моющего средства.

Разность между значением концентрации, требуемым техническим регламентом, и фактической концентрацией укажет на необходимость добавки СМС в граммах на 1 литр раствора. Зная объем раствора в ванне, можно подсчитать необходимую добавку. Время определения щелочности составляет 3–5 мин.

Изучить оборудование для очистки деталей и сборочных единиц

При очистке деталей и сборочных единиц применяют различные типы мониторных, струйных (С), погружных (П), комбинированных (К) и других машин.

Первый тип изготавливают в трех исполнениях: СМ – струйные мониторные, СТ – струйные тупиковые, СП – струйные проходные. Второй тип предусматривает два исполнения: ПТ – погружные тупиковые, ПП – погружные проходные. Каждый тип моечных машин и установок имеет соответствующее обозначение.

Для технологических процессов, отличающихся большой специфичностью (очистка блоков и коленчатых валов и их масляных каналов, топливных баков, системы охлаждения двигателей и др.), предусматривается создание специальных машин и автоматизированных линий.

Мониторные машины предназначены для гидродинамической очистки поверхности машин и сборочных единиц. Сущность способа гидродинамической очистки заключается в подаче на очищаемую поверхность под давлением 5–10 МПа и выше водяной струи, температура которой составляет 20–150 °С.

Комплексное воздействие динамического напора струи, высокой температуры и моющих средств обеспечивает эффективное удаление с поверхности различных загрязнений: смазок, масел и продуктов разложения.

Струйные машины применяются для очистки машин в сборе, сборочных единиц и деталей растворами ТМС, а иногда простой водой. Роль этих машин сводится к удалению масляно-грязевых отложений, общей очистке, ополаскиванию и пассивации деталей после обработки погружением, а также после некоторых видов механической обработки.

Сущность погружного способа очистки заключается в погружении объекта очистки в моющий раствор с последующей выдержкой в нем.

Преимуществами способов погружения по сравнению со способами струйной очистки являются: лучшая очистка деталей со сложной конфигурацией поверхностей, использование различных очищаемых сред, включая РЭС и ТМС, меньшая энергоемкость процесса очистки, меньшие теплотери, малая активация очищающей среды, многообразие способов интенсификации процессов очистки.

Погружные машины являются основным оборудованием для очистки деталей от асфальтосмолистых отложений, продуктов коррозии, накипи и остатков старых лакокрасочных покрытий. Они изготавливаются в двух исполнениях: тупиковые (ПТ-4×4×4, ПТ-6×6×6, ПТ-8×8×8) и проходные (ПП-4×4×4, ПП-6×6×6). Цифры обозначают максимальные размеры очищаемых изделий.

Комбинированные моечные машины представляют собой сочетание погружных и струйных моечных машин в одном агрегате (К-8×8×8, К-12×10×10).

В комбинированных моечных машинах удачно сочетаются достоинства погружных (малая энергоемкость, большая производительность, простота конструкции) и струйных машин (большая скорость очистки).

С целью интенсификации процесса очистки созданы машины с вертикальным возвратно-поступательным перемещением объекта

мойки (ОМ-5287), колебательным перемещением вокруг горизонтальной оси и роторным перемещением очищаемых объектов (15РЗ) и с активацией моющего раствора (ММЧ-1 и др.).

Для очистки небольших деталей рекомендуется применять на постах технического обслуживания сельскохозяйственной техники моечную машину ОРГ-4990Б со следующей технической характеристикой: производительность – 0,4 т/ч, объем моющего раствора – 0,1 м³, подогрев моющего раствора – электрический, время нагрева моющего раствора до рабочей температуры – 1 мин, габариты (L×B×H) – 1000×650×1000 мм, масса – 150 кг.

Изучение способов контроля качества очистки деталей и сборочных единиц.

Контроль качества очистки деталей в зависимости от уровня очистки осуществляют различными способами: смачиванием водой, протиранием, весовым и люминесцентным.

Способ смачивания водой основан на способности металлической поверхности удерживать непрерывную пленку воды, если эта поверхность свободна от гидрофобных загрязнений. При наличии на поверхности минеральных масел в количестве > 0,01 мг/см² водяная пленка разрывается мгновенно, при 0,005 мг/см² разрыв наступает через 4–7 с. Для смачивания применяют холодную дистиллированную воду, которую наносят на поверхность детали ее погружением. Способ применяют для детали с шероховатостью поверхности $R_z < 3,2$ мкм.

При использовании весового способа загрязнения снимают путем растворения или соскабливания, взвешивания их и относят к площади поверхности.

Протирание осуществляют фильтровальной бумагой, бумажной салфеткой или ватным тампоном, а количество загрязнений определяют взвешиванием.

Остаточная загрязненность K определяется по формуле:

$$K = \frac{(m_1 - m_2)}{A}, \quad (4.1)$$

где m_1 – масса чистого образца-эталоны, мг;

m_2 – масса образца после очистки, мг;

A – площадь загрязненной поверхности, см².

Перед сборкой детали должны быть очищены от производственных загрязнений (стружка, окалина, абразив и т. д.). Особенно это касается базовых и наиболее сложных деталей, таких как блок цилиндров, головки цилиндров, коленчатый вал, шатуны и др. Основным требованием при этих операциях является полное отсутствие стружки и абразива как на поверхности, так и в каналах и карманах.

Ознакомиться с назначением, характеристикой и устройством моечной машины ОРГ-4990Б и научиться ей пользоваться

Заправить ванны № 1, 2, 3 и 4 моющим раствором (по указанию преподавателя) для чего:

- а) заполнить емкости водой;
- б) подогреть воду до температуры 80 ± 5 °С;
- в) подобрать (в зависимости от загрязнения), отвесить и растворить моющий препарат соответствующей концентрации;
- г) произвести контроль и корректировку моющего раствора.

Произвести загрязнение пластин или дисков моделирующими загрязнителями ЗМА, ЗММ-1, ЗММ-2 или ЗМС-3 (по указанию преподавателя), для чего:

- а) образцы отшлифовать наждачной бумагой для получения ровной блестящей поверхности с последующим ее обезжириванием венской известью, промывкой водой (с помощью кисти), обсушиванием фильтровальной бумагой и взвешиванием на весах;
- б) нанести на образцы по три капли подогретого загрязнителя и распределить его равномерно по пластине (диску).

Изделия (3–5 образцов), подвергаемые мойке и очистке, установить на платформы моечных установок или разместить в барабане ванны так, чтобы они омывались по всей поверхности. Загрузить барабан ванны № 3 на 70–80 % его объема смесью абразива (2 ч) и изделий (1 ч).

Кнопкой «Пуск» включить все моечные установки и произвести одновременную очистку последовательно трех серий одноименных образцов в течение 50 с (серия 1), 5 мин (серия 2) и 15 мин (серия 3) с последующим контролем качества очистки поверхности изделий весовым методом или по смачиваемости их водой с оценкой «хорошая», «удовлетворительная», «плохая».

Исследовать влияние продолжительности мойки и способа активации очищающей среды на качество очистки изделия с построением графической зависимости (по оси ординат отложить остаточную загрязненность, мг/см² (степень смачиваемости), по оси абсцисс – способ активации моющего раствора).

Установить оптимальный способ и режим мойки и очистки изделий и разработанную на их основе схему технологического процесса внести в отчет.

Убрать рабочее место и сдать отчет о работе преподавателю.

Содержание отчета

1. Название и цель лабораторной работы.
2. Назначение кинематической схемы и техническая характеристика моечной установки ОРГ-4990Б.
3. Анализ кинематической схемы, погружных моечных установок, их назначение и размеры управления рабочим процессом очистки.
4. Оценка влияния продолжительности очистки и способа активации очищающей среды на качество очистки изделия.
5. Обоснование оптимального способа и режима очистки изделия с представлением перспективной схемы технологического процесса очистки деталей и сборочных единиц.
6. Выводы.

Контрольные вопросы

1. Укажите виды загрязнений поверхностей деталей и сборочных единиц и их свойства.
2. Приведите наиболее перспективные способы удаления загрязнений с поверхностей деталей и сборочных единиц двигателей внутреннего сгорания.
3. Укажите, для каких деталей и почему наиболее целесообразно применять механические способы удаления загрязнений.
4. Раскройте физико-химические основы моющего действия.
5. Приведите классификацию технических моющих средств, применяемых для очистки деталей и сборочных единиц.
6. Укажите роль поверхностно-активных веществ при очистке.

7. Приведите классификацию типов моечных машин, применяемых для очистки деталей и сборочных единиц.

8. Укажите типы струйных моечных машин и параметры управления процессом очистки.

9. Укажите типы погружных моечных машин и параметры управления процессом очистки.

10. Приведите способы очистки моющих растворов в моечных машинах.

11. Приведите способы контроля и корректировки моющих растворов.

12. Укажите способы контроля качества очистки деталей и сборочных единиц.

13. Раскройте влияние продолжительности очистки и способа активации очищающей среды на качество очистки изделий.

Лабораторная работа 5

ДЕФЕКТАЦИЯ ДЕТАЛЕЙ

Цель работы – закрепить теоретические знания по способам, средствам и технике дефектации деталей, приобрести практические навыки по определению дефектов, использованию средств контроля согласно техническим требованиям на капитальный ремонт сельскохозяйственной техники.

Студент должен знать: назначение дефектации и ее роль в технологическом процессе капитального ремонта машин, классификацию дефектов деталей сельскохозяйственной техники, методы, средства и последовательность проведения работ по дефектации.

Студент должен уметь: обосновать применяемый метод измерения, выбрать способ, оборудование и инструмент для дефектации.

Задание для выполнения работы

1. Ознакомиться с методами выбора и правилами пользования мерительным инструментом и устройством приборов.
2. Изучить техническую документацию на дефектуемые детали.
3. Измерить контролируемые параметры деталей и сравнить с техническими требованиями на капитальный ремонт.
4. Произвести сортировку и маркировку дефектуемых деталей.
5. Оформить отчет о выполненной работе.
6. Убрать и сдать рабочее место.

Оснащение рабочего места

1. Детали, подлежащие дефектации.
2. Технические условия и указания на дефектацию.
3. Комплект универсального и специального измерительного инструмента.

Техника безопасности

1. К работе допускаются студенты, прошедшие инструктаж по технике безопасности на рабочем месте.

2. Работа должна выполняться в присутствии учебного мастера. Перед началом работы необходимо надеть спецодежду.

3. По окончании работ необходимо убрать рабочее место и сдать его учебному мастеру.

Общие сведения

Дефектация. Виды дефектов

Дефектация – это комплекс работ по определению состояния деталей и возможности их повторного использования. Она необходима для выявления у деталей дефектов, возникающих в результате изнашивания, коррозии, усталости материала и других процессов, а также из-за нарушений режимов эксплуатации и правил технического обслуживания.

Под дефектом понимают каждое отдельное несоответствие детали установленным требованиям.

Дефекты в общем случае подразделяют по ряду классификационных групп:

- возможности обнаружения – явные и скрытые;
- значимости – малозначительные, значительные и критические;
- причинам возникновения – конструктивные, технологические и эксплуатационные;
- возможности устранения – устраняемые и неустраняемые.

Типовыми дефектами деталей сельскохозяйственной техники, которые появляются в результате трения, динамических нагрузок на них, являются:

- уменьшение (увеличение) размеров рабочих поверхностей деталей, их массы и объема из-за физического изнашивания;

- изменение пространственной геометрии деталей и сборочных единиц в результате изгиба, скрученности, коробления из-за динамических нагрузок;

- нарушение конструкционной целостности деталей из-за трещин, обломов, пробоин;

- снижение механических и эксплуатационных свойств материала детали из-за изменения его химического состава, структуры;

- нарушение целостности или свойств покрытий, защищающих элементы машин от агрессивного воздействия окружающей среды.

Для обнаружения таких явных дефектов, как поломка, крупные трещины, пробоины, достаточен визуальный наружный осмотр. Ослабление заклепок, посадок резьбовых и прессовых соединений выявляют методами остукивания и опробования вручную.

Дефекты геометрических параметров деталей и сборочных единиц (размеров, форм, взаимного расположения рабочих поверхностей) выявляют измерением и сравнением фактических показателей с данными технической документации, где приведены номинальные, допустимые и предельные размеры деталей, зазоры и натяги соединений.

Номинальными считают размеры и другие технические характеристики деталей, соответствующие рабочим чертежам.

Допустимыми считаются размеры и другие технические характеристики детали, при которых она может быть поставлена на машину без ремонта и будет удовлетворительно работать в течение предусмотренного межремонтного периода работы машины.

В зависимости от величины износа, вида и характера повреждения поверхности, детали сортируют на годные к работе, требующие восстановления и негодные.

К годным относят детали, имеющие размер не менее (для детали типа валов) и не более (для отверстий) допустимого.

Ремонту подлежат детали, износ которых превышает допустимый, регламентированный техническими условиями. Основное требование ремонта деталей – экономическая целесообразность.

К негодным относят детали с такими износами или повреждениями, при которых ремонт технически невозможен или экономически нецелесообразен, то есть с неустранимыми дефектами.

Методы измерения и выбор мерительного инструмента при выполнении дефектовочных работ

Различают следующие методы измерения.

Абсолютный метод: значение измеряемого размера определяется непосредственно по шкале мерительного инструмента или прибора.

Относительный или сравнительный метод: результат измерения получается в виде отклонения измеряемого размера от образца или концевой меры. Действительный размер измеряемого изделия определяется суммой размера концевой меры и показаний прибора при измерении.

Косвенный метод: значение измеряемого размера определяется по результатам измерения других размеров, связанных функциональной зависимостью с искомым.

Комплексный метод: проверяется несколько взаимно расположенных размеров, характеризующих соответствие параметров изделия техническим условиям.

Прямой метод: определяется полное значение измеряемого размера или отклонение этого размера от образца.

Контактный метод: при измерении поверхность мерительного инструмента непосредственно соприкасается с поверхностью измеряемого изделия.

Бесконтактный метод: измеряемые поверхности инструмента не имеют контакта с измеряемой поверхностью

Выбор мерительного инструмента при выполнении дефектовочных работ

Измерительные средства следует выбирать с учетом класса точности контролируемых деталей (табл. 5.1).

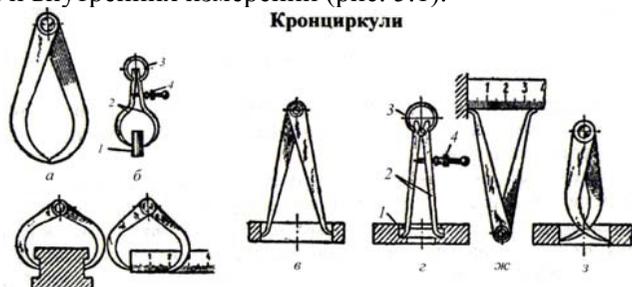
Рекомендации по выбору мерительного инструмента

Измерительные инструменты	Класс точности контролируемых деталей									
	1	2	2a	3	3a	4	5	6	7	8
Миниметр с ценой деления 0,001 мм	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Микрометр рычажный	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Микрометр нулевого класса	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Микрометр без указания класса	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+
Индикатор с ценой деления 0,01 мм	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+
Микрометрический штихмасс	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+
Штангенциркуль с точностью отсчета 0,02 мм и 0,05 мм	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+
Штангенциркуль с точностью отсчета 0,1 мм	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+
Штангенрейсмус с точностью отсчета 0,02 и 0,05 мм	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+

Для обеспечения требуемой точности измерения мерительный инструмент выбирают таким образом, чтобы его предельная погрешность была меньше или равна допускаемой погрешности измерения ($\Delta_{lim} \leq \delta$). Допускаемая погрешность измерения зависит от допуска на изготовление детали ИТ, который, в свою очередь, определяется номинальным размером и точностью детали.

Бесшкальные измерительные инструменты. К бесшкальным измерительным инструментам относятся плоскопараллельные меры, щупы, кронциркули, рейсмусы, угловые меры, угольники, калибры для контроля диаметров валов, отверстий, длин, высот, уступов.

Кронциркули предназначены для переноса линейных размеров с детали на измерительную линейку. Существуют кронциркули для внешних и внутренних измерений (рис. 5.1).



Кронциркули

Рис. 5.1. Кронциркули:

a, б, в, г – для внешних измерений; *д, е, ж, з* – для внутренних измерений;
 1 – деталь; 2 – ножки; 3 – пружина; 4 – установочная гайка

Калибры служат для проверки размеров, формы или взаимного положения элементов деталей. Наиболее распространены предельные калибры (рис. 5.2), позволяющие определить размер в границах установленного допуска. Они служат для контроля цилиндрических поверхностей и линейных размеров (длин, высот, уступов).

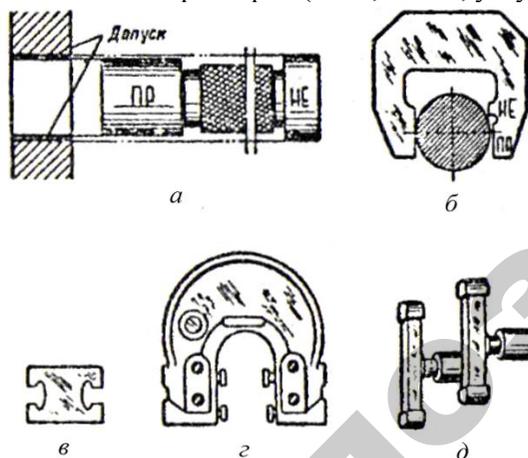


Рис. 5.2. Калибры:

a – проба двухсторонняя двухпредельная; *б* – скоба листовая двухпредельная односторонняя; *в* – скоба листовая двухпредельная двусторонняя; *г* – скоба литая регулируемая; *д* – пробки однопредельные неполные

Конические поверхности контролируют специальными калибрами (тарелки клапанов, клапанного гнезда головки блоков (рис. 5.3)).

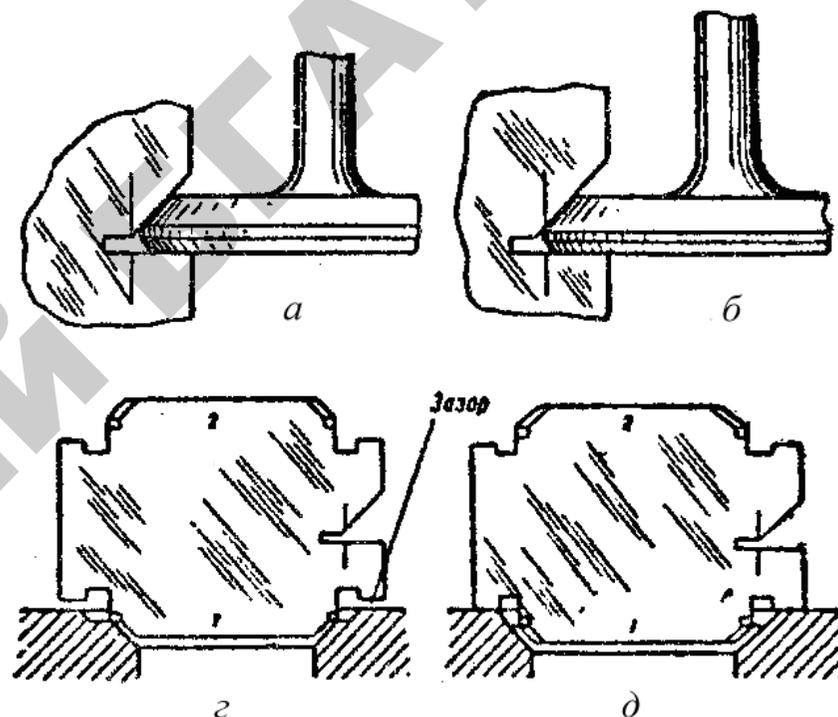


Рис. 5.3. Калибры для контроля конических поверхностей тарелки клапана и клапанного гнезда головки блока:

a – клапан годен; *б* – клапан не годен; *в* – можно использовать шлифованный клапан; *г* – установить шлифованный клапан нельзя, необходимо дополнительно проверить другой стороной калибра (индекс 2); если калибр займет такое положение, как в позиции «б», то можно устанавливать новый клапан, а если такое, как в позиции «г», то гнездо нужно восстанавливать

Степень изношенности зубьев шестерен, шлицевых валов и шлицевых соединений контролируют специальными калибрами (рис. 5.4).

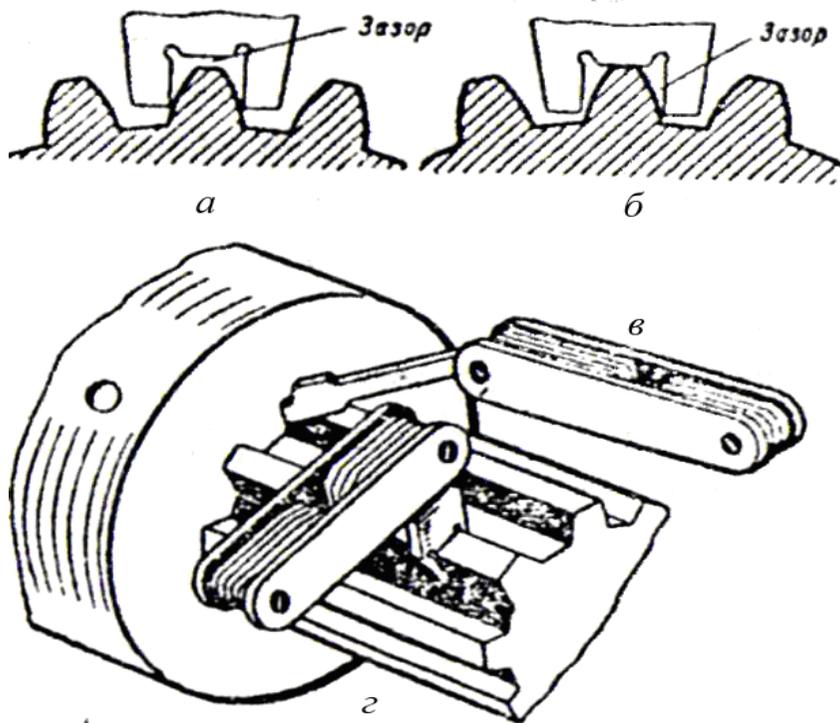


Рис. 5.4. Калибры контроля износа зубьев шестерен: (а – годен; б – не годен); шлицевых соединений (в – определение зазора в шлицевом соединении, г – определение годности шлица)

Универсальные измерительные инструменты. Наибольшее распространение в ремонтной практике получили такие универсальные инструменты, как штангенинструменты, микрометрические и индикаторные инструменты.

Штангенинструменты предназначены для линейных измерений, не требующих высокой точности. К ним относятся штангенциркули, штангенглубиномеры, штангенрейсмусы, штангензубомеры. Штангенциркули позволяют вести отсчет с точностью 0,1; 0,05 и 0,02 мм. Некоторые штангенциркули имеют линейку для измерения глубин (рис. 5.6).

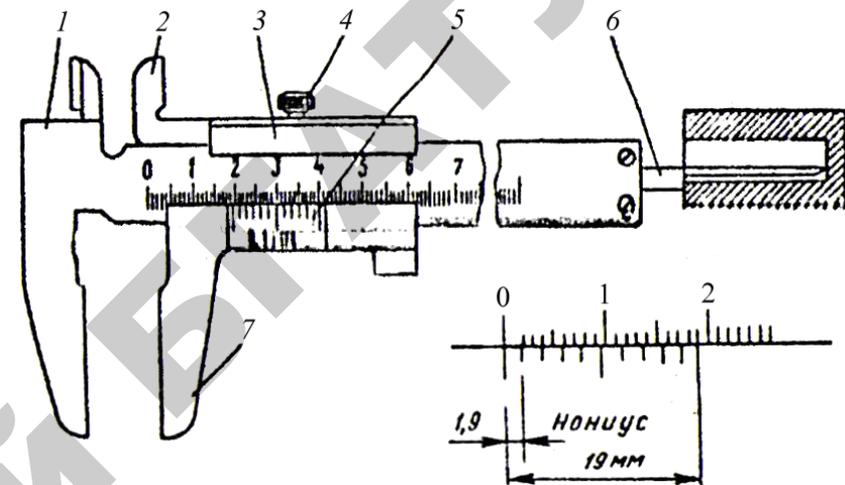


Рис. 5.6. Штангенциркуль: 1 – штанга; 2, 7 – губки; 3 – подвижная рамка; 4 – зажим; 5 – шкала нониуса; 6 – линейка глубиномера

Микрометрические инструменты. К ним относятся микрометры, микрометрические нутромеры и глубиномеры. Они служат для абсолютных измерений с точностью до 0,01 мм. Перед измерением микрометр проверяется при необходимости и настраивается (рис. 5.7).

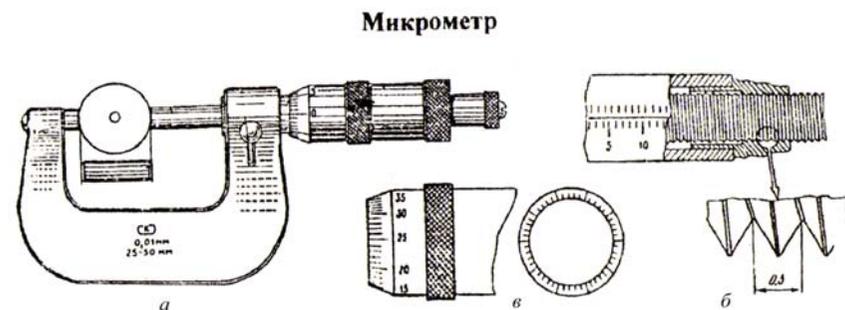


Рис. 5.7. Микрометр: а – устройство; б – микрометрический винт; в – барабан

Индикаторные приборы. Приборы на основе индикаторов применяются для относительных измерений, то есть только для опре-

деления отклонений от установочной меры. Для измерений используют стойки, универсальные штативы, индикаторы часового типа (рис. 5.8, 5.9) и индикаторный нутромер. Индикаторы часового типа выпускают с ценой деления шкалы 0,01; 0,001 и 0,002 мм.

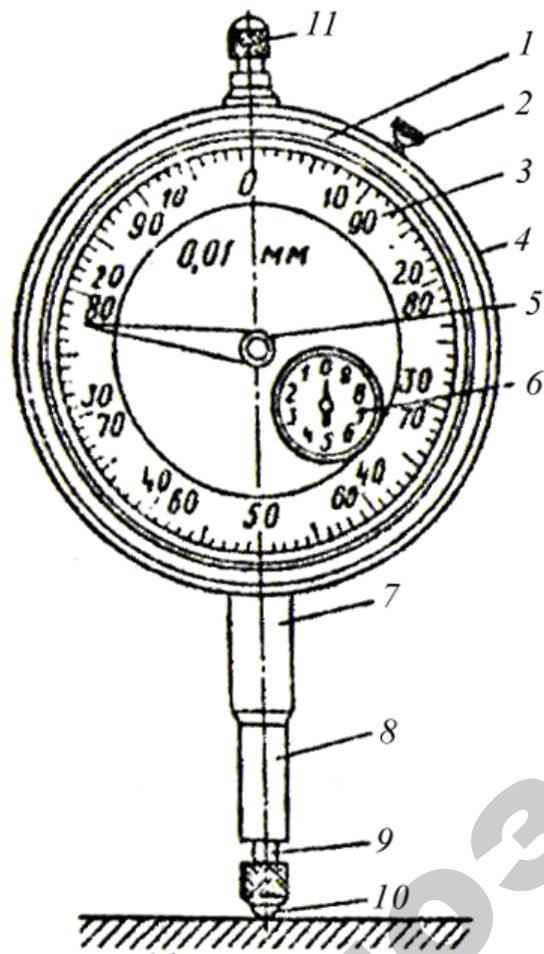


Рис. 5.8. Индикатор часового типа:
1 – корпус; 2 – стопор; 3 – циферблат; 4 – ободок; 5 – стрелка;
6 – указатель; 7 – гильза; 8 – измерительный стержень;
9 – наконечник; 10 – рабочий конец; 11 – головка

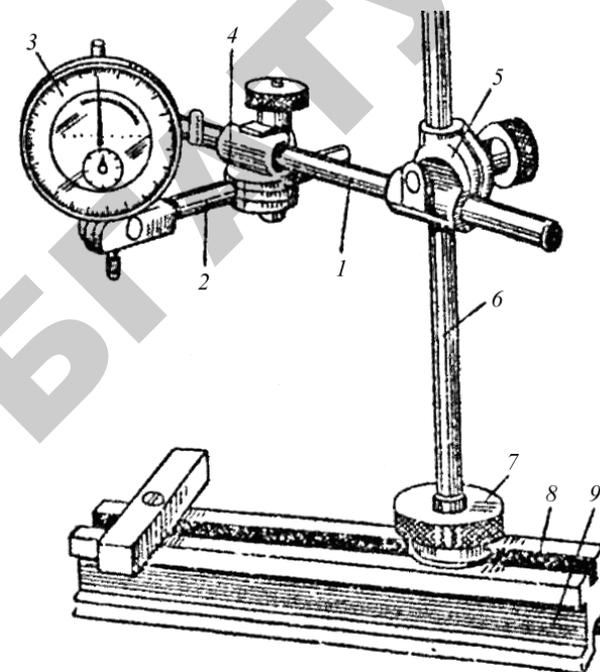


Рис. 5.9. Универсальная индикаторная стойка:
1, 2 – стержни; 3 – индикатор; 4, 5 – муфты;
6 – вертикальный стержень; 7 – гайка; 8 – паз; 9 – призма

Специальные средства измерения. Прямолинейность проверяют и измеряют специальными линейками. Линейки бывают трех типов: лекальные, с широкой рабочей поверхностью и угловые.

Лекальные линейки бывают нулевого и первого классов. Этими линейками прямолинейность проверяют «на просвет». Этот способ дает высокую точность, так как глаз может улавливать просветы в 0,003–0,005 мм.

Линейки с широкой рабочей поверхностью служат для проверки прямолинейности и плоскостности методом линейных отклонений. Плоскостность проверяется на поверочных плитах.

Угловые линейки предназначены для одновременного контроля плоскостности и угла между двумя пересекающимися поверхностями. Уровни предназначены для проверки горизонтальности и вертикальности положения плоскостей деталей.

Контроль зубчатых колес. Полная проверка зубчатых колес по всем элементам применяется редко. Обычно подвергают проверке только некоторые элементы, важные с точки зрения эксплуатации зубчатых колес или точности изготовления.

Проверяют толщину зуба зубчатых колес по делительной окружности при помощи штангензубомера (рис. 5.10).

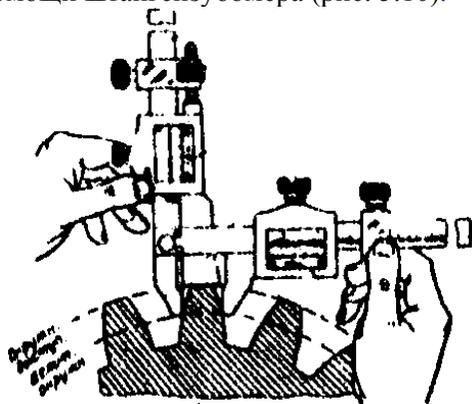


Рис. 5.10. Штангензубомер

Контроль подшипников качения. Радиальные зазоры в шариковых и роликовых подшипниках замеряют при помощи прибора КИ-1223 (рис. 5.11).

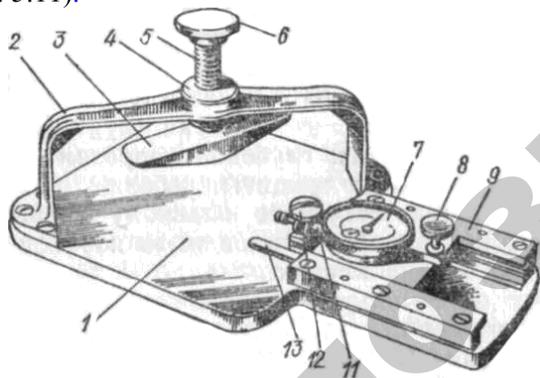


Рис. 5.11. Прибор КИ-1223 для измерения радиального зазора в подшипниках качения:

1 – плита; 2 – мост; 3 – конус; 4 – втулка; 5 – винт; 6 – головка; 7 – индикатор; 8 – винтовой зажим; 9 – направляющие; 10 – каретка; 11 – планка; 12 – винт; 13 – прямоугольный паз

Порядок выполнения работы

1. Изучить правила по технике безопасности.
2. Изучить методические указания на дефектацию деталей.
3. Ознакомиться с существующими методами и средствами дефектации деталей при ремонте.
4. Получить детали, подлежащие дефектации.
5. Установить характерные дефекты детали и подобрать необходимый инструмент с допустимой точностью измерения.
6. Составить технологический маршрут дефектации детали.
7. Установить выбраковочные признаки детали.
8. Произвести необходимые измерения детали и их результаты записать в отчет.
9. Произвести анализ результатов дефектации и дать заключение о годности детали.
10. Оформить и защитить отчет.

Содержание отчета

Отчет о выполненной работе представить в виде технологической карты на дефектацию детали (ГОСТ 3.1118-82, форма 2).

Контрольные вопросы

1. Что такое дефектация деталей и для чего она проводится?
2. Из каких операций состоит дефектация?
3. Какие методы измерений применяются при дефектации?
4. Какие измерительные приборы, инструменты применяются при дефектации?
5. Как осуществляется выбор измерительного инструмента?
6. Изложите технологическую схему дефектации деталей (по выбору).

Лабораторная работа 6

ДЕФЕКТОСКОПИЯ ДЕТАЛЕЙ

Цель работы – закрепить теоретические знания и получить практические навыки исследования изменений характеристик металлов и обнаружения дефектов с помощью неразрушающих методов контроля.

Студент должен знать: основные методы неразрушающего контроля внешних и внутренних дефектов деталей; факторы, определяющие выбор того или иного метода контроля; устройство и работу оборудования и оснастки для проведения неразрушающих методов контроля.

Студент должен уметь: выбирать метод неразрушающего контроля в зависимости от материала детали, конструкции (формы и размеров) изделий, состояния поверхности детали, характеристики дефектов (вида и размера дефекта, места его расположения), условий работы детали, условий контроля, технико-экономических показателей; выполнять операции подготовки оборудования и объектов контроля; осуществлять контроль внешних и внутренних дефектов деталей и давать по ним заключения.

Задание для выполнения работы

1. Изучить технику безопасности при дефектоскопии.
2. Ознакомиться с устройством и работой оборудования и оснастки для проведения неразрушающего контроля внешних и внутренних дефектов деталей.
3. Провести контроль внешних и внутренних дефектов деталей, выданных преподавателем.
4. Оформить и защитить отчет.

Оснащение рабочего места

Лабораторная работа предусматривает определение внешних и внутренних дефектов деталей тремя методами неразрушающего контроля: магнитным, электромагнитным и капиллярным.

Рабочее место для проведения магнитной дефектоскопии включает: верстак слесарный, дефектоскоп 77ПМД-3, магнитный порошок и суспензию.

Рабочее место для проведения электромагнитной дефектоскопии включает: верстак слесарный, вихревой дефектоскоп FD-1s.

Рабочее место для проведения капиллярной (люминесцентной) дефектоскопии включает: люминесцентный дефектоскоп ЛД-2, флуоресцирующую жидкость, принадлежности для покрытия изделия люминофором, промывки, просушки.

Техника безопасности

К лабораторной работе, предусматривающей исследование изменений характеристик металлов и обнаружение дефектов с помощью неразрушающих методов контроля, допускаются лица, которые прошли инструктаж по технике безопасности на рабочем месте, изучившие устройство оборудования и оснастки и овладевшие практическими навыками безопасного выполнения работ.

Перед началом работ необходимо надеть спецодежду. Первое включение в работу установок, а также первые измерения параметров проводят под руководством или в присутствии преподавателя или мастера, а в дальнейшем – по их разрешению.

Общие сведения

Методы неразрушающего контроля

Различают следующие методы неразрушающего контроля: акустический, магнитный, оптический, проникающими веществами, радиационный, радиоволновый, тепловой, электрический и электромагнитный.

Акустические методы основаны на регистрации параметров упругих колебаний, возбужденных в контролируемом объекте. Применяются для обнаружения поверхностных и внутренних дефектов (нарушений сплошности, неоднородности структуры, межкристаллитной коррозии, дефектов склейки, пайки, сварки и т. д.) в заготовках и изделиях, изготовленных из различных материалов. Они позволяют измерять геометрические параметры при одностороннем доступе

к изделию, а также физико-механические свойства металлов и металлоизделий без их разрушения.

К акустическим методам относятся методы *звукового* (свободных колебаний и др.) и *ультразвукового* (эхо-импульсный, резонансный, теневой и др.) диапазонов.

Магнитные методы основаны на регистрации магнитных полей рассеяния над дефектами или магнитных свойств контролируемого объекта. Применяют для обнаружения поверхностных и подповерхностных дефектов в деталях и полуфабрикатах различной формы, изготовленных из ферромагнитных (намагничивающихся) материалов. К ним относятся *магнитно-порошковый*, *магнитно-графический*, *феррозондовый*, *магнитно-индукционный* и другие методы.

Магнитные поля рассеяния над дефектами регистрируются в магнитно-порошковом методе с помощью ферромагнитного порошка или суспензии, в магнитно-графическом – с помощью ферромагнитной ленты и в феррозондовом – с помощью чувствительных к магнитным полям феррозондов.

Магнитно-порошковый метод нашел широкое применение на заводах промышленности, ремонтных предприятиях и эксплуатирующихся подразделениях.

Магнитно-графический метод наиболее используется для контроля сварных соединений. Он позволяет выявлять трещины, непровары, шлаковые и газовые включения и другие дефекты в стыковых сварных швах.

Феррозондовый метод применяют для обнаружения тех же дефектов, что и магнитно-порошковым методом, а также дефектов, расположенных на глубине до 20 мм. С его помощью измеряют толщину листов и стенок сосудов при двухстороннем доступе.

Оптические методы основаны на взаимодействии светового излучения с контролируемым объектом. Они предназначены для обнаружения различных поверхностных дефектов материала деталей, скрытых дефектов агрегатов, контроля закрытых конструкций, труднодоступных мест машин и силовых установок (при наличии каналов для доступа оптических приборов к контролируемым объектам). Регистрация поверхностных дефектов осуществляется с помощью оптических устройств, создающих полное изображение проверяемой зоны. Достоинства этих методов – простота контроля, несложное оборудование и сравнительно небольшая трудоемкость. Поэтому их

применяют на различных стадиях изготовления деталей и элементов конструкций, в процессе регламентных работ и осмотров, проводимых при эксплуатации техники, а также при ее ремонте.

Так как контроль с помощью оптических приборов обладает невысокой чувствительностью и достоверностью, то его применяют для поиска достаточно крупных поверхностных трещин, коррозионных и эрозийных повреждений, забоин, открытых раковин, пор, для обнаружения течей, загрязнений, наличия посторонних предметов и т. д.

К методам контроля проникающими веществами относятся *капиллярные методы и методы течеискания*.

Капиллярные методы основаны на капиллярном проникновении индикаторных жидкостей в полости поверхностных дефектов и регистрации индикаторного рисунка. При контроле этими методами на очищенную поверхность детали наносят проникающую жидкость, которая заполняет полости поверхностных дефектов. Затем жидкость удаляют, а оставшуюся в полостях дефектов часть обнаруживают путем нанесения проявителя, который адсорбирует жидкость, образуя индикаторный рисунок. Эти методы применяют в цеховых, лабораторных и полевых условиях при положительных и отрицательных температурах. Они позволяют обнаруживать дефекты производственно-технологического и эксплуатационного происхождения: трещины шлифовочные, термические, усталостные и др. Капиллярные методы могут быть применены для обнаружения дефектов в деталях из металлов и неметаллов простой и сложной формы.

Благодаря высокой чувствительности, простоте контроля и наглядности результатов эти методы применяют не только для обнаружения, но и для подтверждения дефектов, выявленных другими методами дефектоскопии – ультразвуковым, магнитным и др.

Наиболее распространенными *капиллярными методами* являются *цветной, люминесцентный, люминесцентно-цветной, фильтрующихся частиц, радиоактивных жидкостей* и др.

Методы течеискания основаны на регистрации индикаторных жидкостей, проникающих в сквозные дефекты контролируемого объекта. Их применяют для контроля герметичности работающих под давлением сварных сосудов, баллонов, трубопроводов гидро-, топливо-, масляных систем силовых установок и т. п. К методам течеискания относятся гидравлическая опрессовка, аммиачно-

индикаторный метод, фреоновый, масс-спектрометрический, пузырьковый, с помощью гелиевого и галоидного течеискателей и т. д. Проведение течеискания с помощью радиоактивных веществ позволило значительно увеличить чувствительность метода.

Радиационные методы основаны на взаимодействии проникающих излучений с контролируемым объектом. Их применяют для контроля качества сварных и паяных швов, литья, качества сборочных работ, состояния закрытых полостей агрегатов и т. д. Проникающие излучения (рентгеновское, потока нейтронов), проходя через толщину материала детали и взаимодействуя с его атомами, несут различную информацию о внутреннем строении вещества и наличии скрытых дефектов внутри контролируемых объектов.

Наиболее распространенными радиационными методами являются рентгенография, рентгеноскопия и гамма-контроль, которые нашли применение на предприятиях металлургии и машиностроения. В качестве источников проникающих излучений применяют рентгеновские аппараты, бетатроны, линейные ускорители и микротроны, гамма-дефектоскопы и др.

Радиоволновые методы основаны на регистрации изменения параметров электромагнитных колебаний, взаимодействующих с контролируемым объектом. Их применяют для контроля качества и геометрических размеров изделий из диэлектрических материалов (стеклопластики и пластмассы, резина, термозащитные и теплоизоляционные материалы, фибра), вибраций, толщины металлического листа и т. п.

Тепловые методы основаны на регистрации тепловых полей, температуры или теплового контраста контролируемого объекта. Их применяют для измерения температур, получения информации о тепловом режиме объекта, определения и анализа температурных полей, дефектов типа нарушения сплошности (расслоения, трещины и т. п.), выявления дефектов пайки многослойных соединений из металлов и неметаллов и т. п. Контроль осуществляется с помощью термометров, термоиндикаторов, пирометров, тепловизоров, инфракрасных микроскопов и радиометров и т. д.

Эти методы также пока применяют ограниченно, в основном, в приборостроении для контроля радиоэлектронной аппаратуры. В пленочных проводниках и резисторах выявляют микротрещины, утонения, плохую адгезию, плохой контакт и т. д.

Электрические методы основаны на регистрации электростатических полей и электрических параметров контролируемого объекта. Их применяют для выявления раковин и других дефектов в отливках, расслоений – в металлических листах, различных дефектов – в сварных и паяных швах, трещин – в металлических изделиях, растрескиваний – в эмалевых покрытиях и органическом стекле и т. д.

Электромагнитный (вихревых токов) метод основан на регистрации изменения взаимодействия собственного электромагнитного поля катушки с электромагнитным полем вихревых токов, наводимых этой катушкой в контролируемом объекте. Применяется для обнаружения поверхностных дефектов в магнитных и немагнитных деталях и полуфабрикатах. Метод позволяет выявлять нарушения сплошности, в основном трещин, на различных по конфигурации деталях, в том числе имеющих покрытия. На основе метода вихревых токов разработаны приборы для измерения толщины листов и покрытий, диаметра проволоки и прутков. Электромагнитный способ используется на заводах и ремонтных предприятиях, в условиях эксплуатации его применяют для профилактического контроля лопаток турбин газотурбинных двигателей, сварных и литых узлов элементов конструкций и т. д.

Факторы, определяющие выбор метода контроля

Наиболее эффективные результаты контроля могут быть достигнуты только при технически правильном выборе и применении методов дефектоскопии. Выбор метода неразрушающего контроля определяется конкретными требованиями практики и зависит от материала детали, конструкции (формы и размеров) изделия, состояния поверхности детали, характеристики дефектов (вида и размера дефекта, места его расположения), условий работы детали, условий контроля, технико-экономических показателей.

Материал детали. В производстве используют различные материалы, отличающиеся химическим составом, степенью деформации, макроструктурой, термической обработкой, плотностью и другими физическими свойствами. Наличие в них дефектов вызывает локальное изменение свойств материала, которое может быть обнаружено с помощью различных методов.

Например, поверхностные и подповерхностные дефекты в ферромагнитных сталях могут быть обнаружены намагничиванием детали и фиксацией образующихся при этом полей рассеяния с помощью магнитных методов. В то же время такие же дефекты в изделиях, изготовленных из немагнитных сплавов, например жаропрочных, нельзя выявить магнитными методами. В данном случае необходим другой метод контроля, например электромагнитный. Однако и этот метод окажется непригодным, если изделие изготовлено из пластмассы. В этом случае поверхностные дефекты можно обнаружить капиллярными методами. Ультразвуковой метод нельзя эффективно использовать для выявления внутренних дефектов в литых сплавах, однако они могут быть успешно проконтролированы с помощью рентгеновских лучей.

Конструкция (форма и размеры) изделий. Металлоизделия в металлургии и машиностроении имеют самые различные размеры и форму: от крупногабаритных (слитки, поковки, штамповки и др.) массой в сотни килограмм до небольших изделий (болты, винты, заклепки и др.) массой в несколько десятков грамм. Заготовки имеют простую форму (параллелепипеды, цилиндры, диски, кубы и т. п.), готовые детали – сложную (ступенчатые валы; сварные и паяные соединения; изделия, ограниченные кривыми поверхностями, и т. п.). Методы контроля выбирают в зависимости от размеров и формы изделия. Для контроля деталей сложной формы применимость методов ограничена. Например, детали, имеющие большое число выточек, канавок, переходов от одного радиуса кривизны к другому, уступов и т. д., очень трудно, а иногда невозможно контролировать такими методами, как магнитный, ультразвуковой и радиационный.

Крупногабаритные изделия контролируют, как правило, по частям. При этом важно правильно определить зоны контроля, знание которых облегчает разработку методики проверки опасных участков детали.

Мелкие массовые детали (шарики, ролики, болты, шпильки и т. п.) целесообразно контролировать методами, которые легко поддаются автоматизации или механизации, например электромагнитными.

Состояние поверхности детали. Под состоянием поверхности понимается степень ее шероховатости и наличие защитных покрытий. Грубая шероховатая поверхность детали исключает применение ка-

пиллярных методов, вихревых токов, магнитных и ультразвукового в контактном варианте. Малая шероховатость расширяет возможности методов дефектоскопии. Операции контроля – неотъемлемые звенья технологического процесса. Поэтому там, где это необходимо, следует предусматривать операции по уменьшению шероховатости поверхности контролируемого изделия (особенно на промежуточных стадиях изготовления детали, когда заготовка имеет припуски на обработку).

Защитные покрытия не позволяют применять оптические, магнитные и капиллярные методы контроля. Эти методы можно применять только после удаления защитных покрытий. Если же удалить покрытие нельзя или нецелесообразно, то для обнаружения внутренних дефектов используют радиационные и ультразвуковые методы, а для поверхностных – ультразвуковой, электромагнитный и магнитно-порошковый. Например, магнитно-порошковым методом обнаруживают трещины на стальных деталях, имеющих хромовое покрытие толщиной до 0,2 мм. Электромагнитным методом обнаруживают трещины на деталях, имеющих лакокрасочное, эмалевое и другие неметаллические покрытия толщиной до 0,5 мм и металлические немагнитные – до 0,2 мм.

Характеристика дефектов (вид и размер дефекта, место его расположения). Дефекты могут иметь самое различное происхождение и отличаться по виду, размерам, месту расположения, ориентировке относительно волокна металла и т. д. Прежде чем выбрать метод контроля, следует изучить технологию изготовления изделия, характер возможных дефектов и технические условия на браковку.

Дефекты по расположению относительно поверхности детали могут быть внутренними, залегающими на глубине более 1 мм, подповерхностными, залегающими на глубине менее 1 мм, и поверхностными.

Установив вид и место расположения предполагаемого дефекта, выбирают метод контроля, для чего оценивают технические возможности методов и отбирают наиболее подходящий.

Например, для обнаружения внутренних дефектов в стальных изделиях используют радиационные и ультразвуковые методы. Если изделия имеют сравнительно небольшую толщину, а дефекты, подлежащие выявлению (например, раковины), достаточно большие размеры, то лучше воспользоваться радиационными методами. При этом можно точно определить и зафиксировать на пленке раз-

меры и местоположение дефекта. Если толщина изделия в направлении просвечивания более 100–150 мм или требуется обнаружить в нем внутренние дефекты в виде трещин или тонких расслоений, то применять радиационные методы нецелесообразно, так как они «не пробивают» толщину металла более чем на 150 мм, кроме того, обнаруживать трещины и расслоение радиационными методами неэффективно из-за низкой чувствительности. В данном случае наиболее подходящим является ультразвуковой контроль.

Поверхностные дефекты обнаружить проще, чем внутренние, так как для этого имеется больше и технических возможностей (число методов). Однако и в данном случае следует выбирать и применять методы контроля в зависимости от того, где расположена трещина: на гладкой плоской или кривой поверхности, в галтельном переходе или в резьбе и т. д.

Условия работы детали. Детали и узлы многих машин работают в условиях повышенных статических, динамических и вибрационных нагрузок. Некоторые элементы конструкции испытывают периодические перегрузки, работают в агрессивной среде и подвергаются коррозионному и эрозионному воздействию. Все это приводит к возникновению дефектов в элементах конструкций, которые могут явиться причиной усталостного их разрушения. Поэтому важно знать условия работы машины для определения критических мест на деталях и выбора метода контроля, обеспечивающего надежное выявление дефектов в опасных участках.

Условия контроля. Контроль продукции металлургических и машиностроительных предприятий проводят как в заводских условиях, так и в эксплуатации. На заводе-изготовителе изделия контролируют с целью выявления дефектов металлургического или производственно-технологического происхождения. Для этого применяют пооперационный контроль с использованием инструментальных средств, позволяющих отбраковывать дефектные детали на ранней стадии изготовления. Контролировать однотипные заготовки или детали простой формы на промежуточной стадии их изготовления, когда внешняя поверхность хорошо обработана и не имеет защитных покрытий, значительно проще, чем готовых изделий, имеющих сложную форму, защитные покрытия и собранных в отдельные узлы. Поэтому на заводах имеются широкие возможности организации участков для проведения массового контроля

заготовок и деталей с применением типовой контрольно-измерительной и дефектоскопической аппаратуры.

На ремонтных предприятиях целью контроля является выявление дефектов, связанных с продолжительностью и условиями работы деталей и агрегатов: механических повреждений, деформаций, износов, усталостных трещин, коррозии и т. д.

При ремонте контролю подвергают разнообразные по размерам, форме и материалам детали и узлы машин, причем контролируют их обычно в одном цехе. Детали, бывшие в эксплуатации, имеют антикоррозионные защитные покрытия; на некоторых деталях в результате воздействия высоких температур образовались нагар или окисные пленки, в результате износа появляются риски и надирсы, при работе в агрессивных средах возникает коррозионное поражение. Некоторые детали, соединенные тугой посадкой, сваркой или заклепками, при ремонте не разбирают. Их контролируют в собранном виде. Такие условия усложняют контроль и требуют более широкого и гибкого применения контрольно-измерительной аппаратуры и различных методов, использования универсальных дефектоскопов с различными устройствами и приспособлениями, а также введения операций по подготовке деталей к контролю (очистки от нагара, удаления защитных покрытий, зачистки рисок, забоин и др.).

Контролировать изделия в условиях эксплуатации сложнее, так как объекты контроля, как правило, не демонтируются, находятся в конструкции и доступ к ним в ряде случаев затруднен. Для контроля деталей, расположенных в труднодоступных местах, необходимы преобразователи и датчики, посаженные на удлинительные ручки, зажимные и сканирующие устройства, фиксаторы, осветители, поворотные зеркала, механические отсчетные устройства и т. д. Все это нужно учитывать при выборе метода контроля.

Технико-экономические показатели. При выборе метода контроля по этому фактору, в первую очередь, учитывают технические возможности метода: оценивают его чувствительность, разрешающую способность, достоверность результатов контроля и надежность аппаратуры. Затем оценивают его техническую доступность для применения в конкретных условиях. Чем проще метод, объективнее результаты контроля, выше производительность и ниже трудоемкость работ при контроле и дешевле применяемая аппаратура, тем предпочтительнее метод. При этом преимущество имеет

тот метод, который может быть и труднее по применению, по аппаратуре, но для осуществления которого не требуется полной или частичной разборки агрегата или машины, так как последняя увеличивает сроки и трудоемкость работ и приносит значительные убытки за счет вынужденного простоя машин.

Таким образом, выбор методов и технических средств контроля представляет собой сложную техническую задачу. Высокая эффективность контроля может быть обеспечена при условии правильного выбора методик и инструкций по проведению контроля, технических средств (дефектоскопов и дефектоскопических материалов); исправности дефектоскопической аппаратуры и качества применяемых материалов; достаточной квалификации контролеров дефектоскопистов; правильной организации работ.

Ультразвуковая дефектоскопия

Человек воспринимает механические колебания, имеющие частоту от 16 до 20 000 Гц (т. е. от 16 до 20 000 колебаний в секунду). Эти колебания называют звуковыми. Колебания с частотой менее 16 Гц называют инфразвуковыми, а более 20 000 Гц — ультразвуковыми.

Ультразвуковая дефектоскопия основана на свойстве ультразвуковых волн распространяться в однородном твердом теле на большие расстояния в виде направленного пучка и отражаться от границ между двумя различными веществами, имеющими разные акустические свойства. Ультразвуковые колебания, распространяясь в металлических деталях, отражаются от несплошностей (трещин, раковин и т. п.).

Если к поверхности детали приложить так называемую злучающую искательную головку, то часть ультразвука войдет в деталь и будет распространяться в ней. При встрече ультра-звукового луча с несплошностью часть ультразвуковой энергии отразится от нее. Отраженный ультразвук будет распространяться в сторону излучения, а за дефектом образуется ультразвуковая тень.

На практике наиболее часто встречаются несплошности величиной от 0,6 до 6,0 мм. Для их выявления необходимо применять ультразвуковые колебания с частотой более 500 000 Гц (или 0,5 МГц). Наиболее часто пользуются частотами 1–2,5 МГц (1 мегагерц = 10^6 Гц).

Магнитная дефектоскопия

В зависимости от физической сущности различают *теневые методы, эхо-методы и резонансные методы* контроля.

На рисунке 6.1 приведена принципиальная схема импульсного ультразвукового дефектоскопа. Генератор радиоимпульсов 3 возбуждает пьезопластину передающей искательной головки 1. Ультразвуковые колебания распространяются в контролируемой детали, отражаются от ее противоположной стенки («донный сигнал») и попадают на пьезопластину приемной искательной головки 2. Отраженные ультразвуковые колебания возбуждают колебания пьезопластины приемной искательной головки 2. При этом на гранях пьезопластины возникает переменное напряжение, которое детектируется и усиливается в усилителе 4, а затем поступает на монитор 5. Генератор радиоимпульсов 3 возбуждает пьезопластину передающей искательной головки 1 короткими импульсами, между которыми получаются продолжительные паузы. Это позволяет четко различать на мониторе сигнал начального (зондирующего) импульса I, сигнал от дефекта III и донный сигнал II. При отсутствии дефекта в контролируемом участке детали на мониторе импульс III будет отсутствовать. Перемещая передающую и приемную искательные головки по поверхности контролируемой детали, обнаруживают дефекты и определяют их местоположение. В некоторых конструкциях ультразвуковых дефектоскопов имеется только одна совмещенная искательная головка, которая используется как для передачи, так и для приема ультразвуковых колебаний.

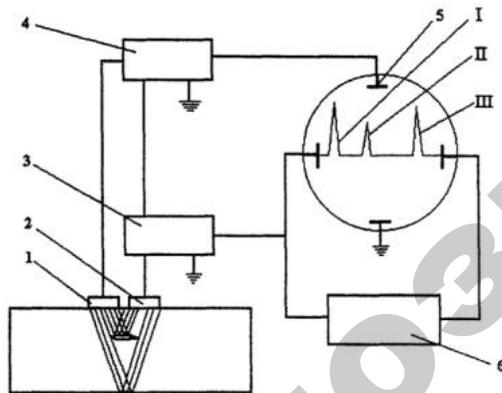


Рис. 6.1. Блок-схема импульсного ультразвукового дефектоскопа:

- 1 – передающая искательная головка; 2 – приемная искательная головка;
- 3 – генератор радиоимпульсов; 4 – усилитель радиоимпульсов; 5 – монитор;
- 6 – дефект, 7 – деталь; I – сигнал начального (зондирующего) импульса;
- II – донный сигнал; III – сигнал от дефекта

Для контроля ферромагнитных (намагничивающихся) металлов применяют магнитный метод. При контроле этим методом деталь необходимо намагнитить или поместить в магнитное поле. При этом в ней возникает магнитный поток. Если в детали имеется несплошность, пересекающая магнитные силовые линии, магнитный поток будет искажен и часть силовых магнитных линий может выйти за пределы детали (рис. 6.2). Вышедшая наружу часть магнитного потока называется потоком рассеяния. По нему судят о наличии в детали несплошностей. Для выявления потока рассеяния чаще всего пользуются магнитной суспензией, представляющей взвесь ферромагнитных частиц в воде, керосине или масле. Небольшие по размеру изделия полностью погружают в ванну с суспензией. При контроле крупногабаритных изделий суспензию наносят на контролируемый участок пульверизатором и другими приспособлениями.

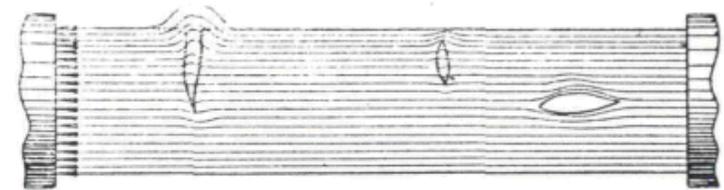


Рис. 6.2. Искажения магнитного потока несплошностями в детали

При магнитных методах выявляемость несплошности зависит от ориентации последних относительно магнитного потока: трещины и другие несплошности будут выявляться лучше, если они расположены перпендикулярно магнитному потоку. Трещины, расположенные вдоль магнитного потока, обнаружить трудно.

Направление магнитного потока зависит от способа намагничивания детали. При полюсном намагничивании и

намагничивании в соленоиде магнитный поток параллелен оси детали, при циркулярном намагничивании он направлен перпендикулярно оси детали, а при комбинированном – под углом к ней.

Магнитным методом можно выявлять несплошности в металле как ничем не заполненные, так и заполненные неметаллическими включениями. По характеру осаждения порошка в большинстве случаев удается отличить первые от вторых. Выявление несплошностей возможно, если они выходят на поверхность детали или залегают на небольшой глубине (не более 2–3 мм).

Недостаток метода магнитной суспензии заключается в сложности определения распространения трещины в глубь металла, преимущества метода – в меньшей трудоемкости контроля по сравнению с капиллярным, в возможности обнаружения несплошностей, заполненных каким-либо веществом, а также в возможности обнаружения подповерхностных несплошностей, то есть несплошностей, залегающих на небольшой глубине.

Наряду с магнитной суспензией для обнаружения потока рассеяния применяют магнитную ленту, а также другие способы.

Электромагнитная (вихретоковая) дефектоскопия

Электромагнитная (вихретоковая) дефектоскопия применяется для обнаружения поверхностных дефектов в магнитных и немагнитных деталях и полуфабрикатах. Метод позволяет выявлять нарушения сплошности, в основном трещин, на различных по конфигурации деталях, в том числе имеющих покрытия.

На основе метода вихревых токов разработан дефектоскоп типа FD-1s. В качестве измеряемой величины используется амплитуда выходного напряжения измерительной катушки накладного вихретокового преобразователя (ВТП). Дефектоскоп предназначен для обнаружения дефектов, имеющих вид трещин, расположенных на поверхности металлических изделий. Минимальные вели-

чины обнаруживаемых поверхностных дефектов для деталей с числовым значением шероховатости R_a не более 1,25 мкм: глубина – $0,15 \pm 0,01$ мм; длина – $5 \pm 0,5$ мм.

Структурная схема дефектоскопа показана на рис. 6.3.

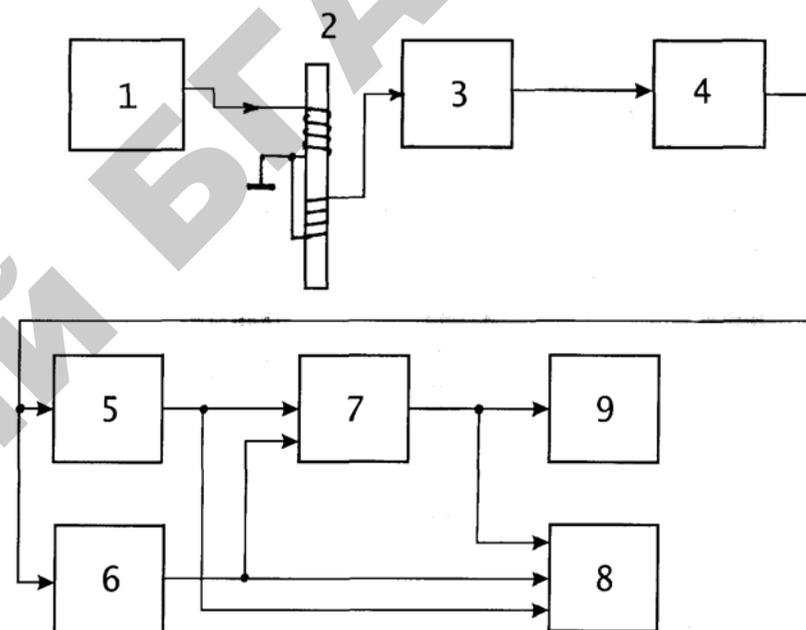


Рис. 6.3. Структурная схема дефектоскопа FD-1S:

1 – генератор; 2 – вихретоковый преобразователь; 3 – амплитудный детектор; 4 – частотный фильтр; 5, 6 – компараторы; 7 – блок цифровой обработки; 8, 9 – световая и звуковая индикации

По катушке возбуждения накладного ВТП трансформаторного типа 2 проходит переменный ток (форма которого близка к синусоидальной), получаемый от генератора 1. Частота тока возбуждения равна 220 ± 10 кГц. Переменное напряжение с измерительной катушки преобразователя поступает на амплитудный детектор 3, к выходу которого подключен фильтр верхних частот 4. Сигнал с выхода фильтра верхних частот поступает на входы двух компараторов – 5 и 6. Первый из них изменяет свое выходное напряжение

при превышении входным сигналом некоторого порогового напряжения положительной полярности, а второй – при превышении входным сигналом (по абсолютному значению) некоторого порогового напряжения отрицательной полярности. Сигналы с компараторов поступают на блок цифровой обработки измеряемого сигнала 7. Он служит для того, чтобы отделить сигнал, возникающий при пересечении преобразователем дефекта (имеющего вид трещины), от сигналов, возникающих за счет различных мешающих факторов – неоднородности электрических, магнитных характеристик объекта контроля, за счет изменения зазора, приближения к краю объекта контроля. При пересечении преобразователем дефекта блок цифровой обработки 7 включает звуковую сигнализацию 9 и световую индикацию на индикаторном табло 8 дефектоскопа, расположенном на передней панели электронного блока. На индикаторном табло расположены также два светодиода желтого цвета, которые загораются при срабатывании компараторов.

Капиллярные методы дефектоскопии

Капиллярные методы получили большое распространение. Герметичность сварных или клепаных соединений издавна проверяют при помощи керосина. Одну сторону сварного шва, более доступную для осмотра, окрашивают меловым раствором с последующей просушкой. Затем противоположную сторону шва обильно смачивают керосином. Так как керосин обладает способностью проникать в мельчайшие поры металла, то при наличии даже незначительной неплотности на стороне шва, окрашенной мелом, обнаруживаются пятна керосина.

Капиллярный метод применяется также для обнаружения несквозных несплошностей: трещин, микропористости и т. д. Если деталь с такой несплошностью погрузить в жидкость-проникатель или нанести ее на деталь кистью, то благодаря капиллярным силам жидкость проникнет в трещину. Затем жидкость удаляют струей воды, после чего деталь сушат. Таким образом, проникатель удаляют с поверхности детали, и он остается лишь в трещинах. На

сухую деталь наносят специальный порошок-проявитель. Он действует как промокательная бумага, вытягивая проникатель из трещины и образуя над ней полосу, значительно более широкую, чем раскрытие трещины (рис. 6.4).

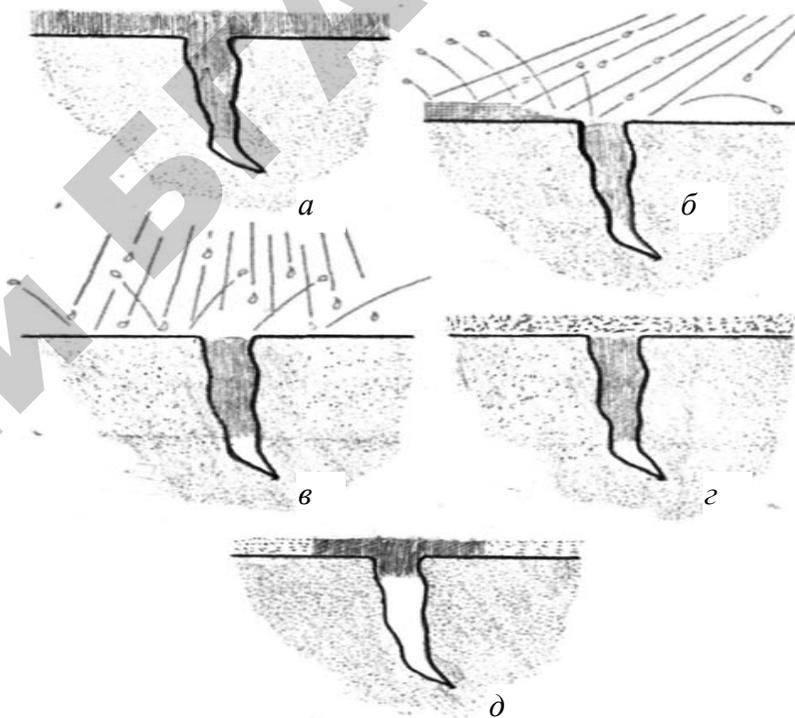


Рис. 6.4. Обнаружение поверхностных несплошностей капиллярным методом:
 а – пропитка трещины проникающим; б, в – удаление проникающего;
 г – нанесение порошка (жидкости) проявителя;
 д – увеличение видимого размера трещины

Чтобы улучшить видимое изображение дефекта, в проникающем растворе растворяют яркий краситель. Такой метод получил название цветной дефектоскопии. После нанесения суспензии деталь просушивают. На ней образуется плотно прилегающий к поверхности детали рыхлый слой проявителя, хорошо впитывающего (абсорбирующего) проникатель из несплошностей. Несколько менее трудоемок люминесцентный метод кон-

троля. При контроле этим методом в проникателе растворяют не краситель, а люминесцирующее вещество. Такое вещество светится (флуоресцирует), если его облучать, например, ультрафиолетовым светом.

В качестве флуоресцирующей жидкости может применяться суспензия, состоящая из 10–15 г флуоресцирующего порошка, 30–40 г эмульгатора (смачивателя) ОП-7, 5–10 г нитрита натрия (ингибитора коррозии) на литр воды, а также некоторые нефтепродукты (керосин, соляровое масло).

Деталь выдерживают несколько минут, после чего стряхивают с нее проявитель. За это время проявитель впитывает (абсорбирует) проникатель из трещин и налипает возле них. Обработанную таким образом деталь освещают ультрафиолетовым светом и осматривают. Так как наш глаз не воспринимает отраженного от детали ультрафиолетового света, ее поверхность выглядит темной. На темной поверхности ярко светится голубовато-синим светом проникатель, выступивший в местах несплошностей (рис. 6.5).

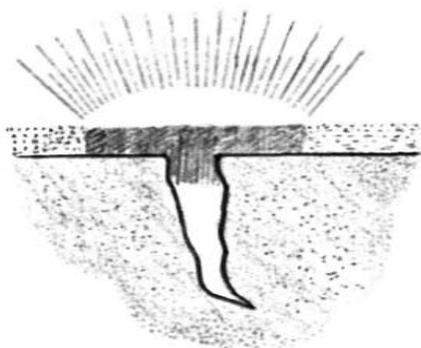


Рис. 6.5. Свечение проникателя при люминесцентном методе

Капиллярными методами могут быть выявлены дефекты на любых непористых материалах: алюминии, магнии, пластмассе и т. д. (если они не заполнены каким-либо веществом). Могут быть выявлены трещины шириной от 0,01 до 0,05 мм и глубиной от 0,03 до 0,2 мм, пористость, микрорыхлоты в магниевых отливках и т. д. Чувствительность зависит от применяемых проникателей, проявителей и методики проведения контроля.

Порядок выполнения работы

Каждый студент должен определить наличие и характер дефекта в детали с помощью магнитного и капиллярного методов дефектоскопии.

Порядок определения дефекта в детали магнитным методом

1. С учетом характеристики детали выбрать способ намагничивания, схему намагничивания и рассчитать величину тока.
 2. Подготовить магнитный дефектоскоп к работе, включить прибор в сеть, установить переключатель характера намагничивания в положение «длительное намагничивание», установить при помощи ручки автотрансформатора, расположенной на передней части прибора, расчетную величину тока.
 3. Намагнитить деталь, для чего необходимо:
 - а) перевести переключатель «характер намагничивания» в положение «кратковременное намагничивание»;
 - б) установить деталь между стационарными (ручными) контактами дефектоскопа или внутри соленоида;
 - в) нажать на педаль дефектоскопа и тем самым намагнитить деталь.
 4. Посыпать деталь магнитным порошком или смочить суспензией. Выявить наличие и характер дефектов. Дать заключение о степени годности детали.
 5. Удалить с поверхности детали магнитный порошок (суспензию).
 6. Размагнитить деталь.
- По окончании работы тщательно убрать рабочее место. Занести в отчет данные о магнитном методе дефектоскопии.

Порядок определения дефекта в детали электромагнитным (вихревых токов) методом

1. Произведите внешний осмотр электронного блока и электромагнитного преобразователя. При необходимости протрите их чистой ветошью от пыли и возможных загрязнений.
2. Подсоедините требуемый преобразователь к разъему электронного блока дефектоскопа и включите дефектоскоп.
3. Прогрейте прибор в течение 1 минуты.

4. Установить преобразователь на контролируемое изделие таким образом, чтобы его рабочая поверхность прилегала к контролируемой поверхности, и провести сканирование его поверхности. Скорость перемещения преобразователя должна составлять примерно 50–80 мм/с. При пересечении преобразователем трещины наблюдается кратковременное загорание светодиода красного цвета и раздается звуковой сигнал. К кратковременному загоранию желтых светодиодов приводит пересечение преобразователем участков с локальными неоднородностями магнитных и (или) электрических свойств материала изделия, а также изменение зазора между контролируемым изделием и преобразователем.

Если из-за относительно большой шероховатости контролируемой поверхности наблюдается загорание светодиода красного цвета и срабатывает звуковая сигнализация, то необходимо между преобразователем и контролируемой поверхностью разместить диэлектрическую пленку небольшой толщины (порядка нескольких десятых долей миллиметра). При этом уменьшается чувствительность к шероховатости (правда, при этом уменьшается и чувствительность дефектоскопа к дефектам).

5. После окончания измерений прибор необходимо выключить.

Порядок определения дефекта детали люминесцентным методом

1. Обезжирить деталь ацетоном, растворителем или другими методами.
 2. Промыть деталь горячей водой и просушить ее.
 3. Погрузить деталь на 5–10 мин в флуоресцирующую жидкость (дизельное топливо, керосин или другие средства).
 4. Протереть деталь насухо ветошью или тряпкой.
 5. Нанести на деталь дисперсионный порошок (силикагель, окись магния, тальк).
 6. Подготовить к работе люминесцентный дефектоскоп.
 7. Осветить деталь ультрафиолетовым светом ртутно-кварцевой лампы.
 8. Определить наличие и форму дефекта по результатам осмотра детали.
 9. Дать заключение о годности детали.
- По окончании работы тщательно убрать рабочее место. Занести

в отчет данные о люминесцентном методе дефектоскопии.

Содержание отчета

1. Название и цель лабораторной работы.
2. Результаты дефектоскопии производимыми методами.
3. Краткое описание и схема одного из методов дефектоскопии (по указанию преподавателя).
4. Эскиз образца контролируемой детали с указанием его характерных размеров и координат дефектов.
5. Краткие выводы о степени соответствия зафиксированных дефектов числу и местам расположения дефектов, имевшихся в контролируемой детали.

Контрольные вопросы

1. В чем заключается сущность понятия «дефектоскопия»?
2. Поясните необходимость проведения дефектоскопии.
3. Где применяется дефектоскопия?
4. Какие основные методы дефектоскопии вы знаете?
5. Какие факторы определяют выбор метода неразрушающего контроля?
6. Какова сущность ультразвуковой дефектоскопии деталей?
7. Какова физическая сущность дефектоскопии с помощью магнитных порошков?
8. Опишите порядок осуществления капиллярных методов дефектоскопии.

КОМПЛЕКТОВАНИЕ АГРЕГАТОВ, УЗЛОВ И СОЕДИНЕНИЙ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

Цель работы – закрепить теоретические знания и получить практические навыки по комплектации при выборке сопряженных деталей по ремонтным размерам и размерным группам; на примере комплектования кривошипно-шатунного механизма дизельного двигателя уяснить работы, выполняемые комплектовщиком, включая пользование средствами контроля и руководством по капитальному ремонту.

Студент должен знать: конструкцию и условия работы блока цилиндров с кривошипно-шатунным механизмом; признаки неисправности их и методы определения; технику безопасности при комплектации автотракторных двигателей; устройство и работу оборудования, приспособлений и инструмента; безопасные приемы выполнения основных операций; основные неисправности деталей комплектуемой системы.

Студент должен уметь: оценить техническое состояние системы в сборе и каждой детали в отдельности; составить операционную карту и карту эскизов; пользоваться контрольно-измерительным инструментом, приспособлениями и вспомогательными средствами для комплектования узлов, агрегатов, машин.

Задание для выполнения работы

1. Изучить оснащение рабочего места и технику безопасности при комплектации автотракторных двигателей.
2. Изучить неисправности деталей шатунно-поршневой группы, указанные в табл. 7.1.
3. Определить объем и содержание работ, разработать технологическую схему выполнения операций, произвести необходимые замеры и измерения.

Основные неисправности деталей шатунно-поршневой группы и гильз блока цилиндров двигателей

Деталь	Неисправность
Шатун	Изгиб, скручивание, износ отверстий нижней и верхней головки
Втулка шатуна верхняя	Износ, ослабление посадки, (провертывание)
Гайка шатунного болта	Срыв резьбы и граней
Шатунный болт	Изгиб, скручивание, срыв резьбы и граней
Поршень	Износ канавок под кольца, юбки отверстий под поршневые пальцы
Поршневой палец	Износ посадочных мест
Кольцо стопорное	Изгиб, излом, потеря упругости
Стопорные планки или проволока шплинтовая	Излом стопорных усиков, обрыв проволоки
Вкладыши шатунные	Износ, срыв стопорных усиков
Гильза	Износ посадочных поясков и зеркала цилиндров

4. Скомплектовать шатунно-поршневую группу с гильзами для двигателя. Составить по заданию преподавателя операционную карту и карту эскизов:

- комплектования гильз и поршней;
- комплектования шатунов;
- комплектования поршневых колец;
- комплектования деталей «поршень – палец – шатун».

5. Оформить и защитить отчет.

Оснащение рабочего места

1. Стенд для разборки-сборки двигателей ОПТ-5557.
2. Верстак слесарный на одно рабочее место ОРГ-5365.
3. Пресс ОКС-1671М.
4. Стол монтажный ОРГ-1468-01-080А.
5. Приспособление для контроля прилегания поршневых колец к стенкам цилиндра.
6. Комплект оснастки к техническому процессу текущего ремонта дизелей 70-7823-3709.
7. Комплект слесарного инструмента «Большой набор» ПИМ-1514.
8. Набор ручного инструмента для ремонта головок блока цилиндров фирмы Neway.
9. Ключ предельный ПТ-1206.
10. Ключ динамометрический ОРГ-8928.
11. Оправка конусная для установки поршней гильзы.
12. Весы ВНЦ.
13. Шкаф сушильный СНОЛ-3,5.3,5.3,5/3.
14. Штангенглубиномер 160 ГОСТ 162-90.
15. Штангенциркуль 1-125-0,1 ГОСТ 166-90.
16. Линейка поверочная 1000 ГОСТ 8026-75.
17. Микрометры МК-50, МК-45, МК-125-1, ГОСТ 6507-90.
18. Нутромеры индикаторные НИ50-100; НИ100-160 ГОСТ 868-92.
19. Наборы щупов N1, N2 ГОСТ 882-75.
20. Приспособление для определения упругости поршневых колец КИ-040А.
21. Приспособление для проверки изгиба и скрученности шатунов КИ-724.
22. Скалка для проверки соосности коренных опор блока цилиндров.

Техника безопасности

К работам по текущему ремонту автотракторных двигателей допускаются лица, прошедшие инструктаж по технике безопасности на рабочем месте, изучившие устройство оборудования и оснастки и овладевшие практическими навыками безопасного выполнения работ. Перед началом работ необходимо надеть спецодежду и при

необходимости средства защиты глаз. Спецодежда не должна иметь свисающих концов. Приступая к работе, проверьте исправность инструмента, приспособлений, оснастки, подъемных механизмов.

Не допускается применение ключей, зевы которых не соответствуют размерам гаек. Нарастивание и удлинение ключей другими ключами не допускаются. Запрещается установка прокладок между ключом и гайкой.

Не допускается применение ключей, головок с трещинами, несоответствующих размерам гаек. Безопасная работа гаечным ключом обеспечивается, если ключ тянут на себя. Ручки молотков должны быть прочно закреплены клином, а их поверхность – гладкой, без трещин, заусениц и сучков.

Съемники должны иметь исправные лапки, винты, тяги, упоры. При демонтаже и монтаже составных частей со специальными пружинами необходимо применять специальный съемник (ОРГ-9913), чтобы предупредить возможность вылета пружин. Пневматический гайковерт необходимо включать в работу лишь после установки его на гайку или головку болта.

Установку в блок цилиндров шатунов в сборе с поршнями производить с применением специальной конусной оправки.

Первоначальный пуск стендов производить обязательно в присутствии и с разрешения учебного мастера. При возникновении неисправностей в механизме стенда или оснастке работа должна быть прекращена.

По окончании работ необходимо убрать рабочее место и сдать учебному мастеру.

Общие сведения

Комплектование – это работы по контролю и подбору деталей, которые облегчают подгонку сопряжений и качественное выполнение сборочных операций. Необходимость в комплектовании вызвана использованием на ремонтных предприятиях трех групп деталей новых, восстановленных и бывших в эксплуатации, но с допустимыми размерами (износами). Комплектование узлов зависит от принятой системы дефектации деталей к сборке машин.

Когда дефектация и сборка ведутся по системе полного обезличивания деталей, то комплектование по узлам предусматривается также обезличенным методом и с селективным подбором сопряжений.

Различают три способа подбора деталей в комплекты: простой, селективный и смешанный.

Простой способ заключается в комплектовании к базовым деталям узла деталей, которые позволяют получить нормальный зазор в сопряжении.

При селективном комплектовании поля допусков размеров обеих сопрягаемых деталей разбивают на несколько одинаковых интервалов, а детали сортируют в соответствии с этими интервалами на размерные группы.

При смешанном комплектовании сочетают оба указанных метода. Для обеспечения динамической уравновешенности, бесшумности, биения отдельных узлов, подбор деталей осуществляют по массе бесшумности и биению.

Справочный материал по комплектованию деталей двигателя приведен в таблицах 7.1–7.6.

Условия работы деталей кривошипно-шатунного механизма характеризуются значительными температурными напряжениями и высокими динамическими нагрузками, что предъявляет высокие требования к обеспечению оптимальных посадок в соединениях.

Соединение коленчатый вал – вкладыши коренных и шатунных подшипников. Основные условия, от которых зависит нормальная работа подшипников многоопорного вала, – соосность подшипников и состояние поверхностей скольжения.

Из теории смазки известно, что допускаемая нагрузка на цапфе вала может быть тем больше, чем тоньше масляный слой в подшипнике. Толщина этого слоя зависит от состояния подшипников и может быть тем меньше, чем тщательнее обработаны и собраны цапфы и втулки.

Если втулки (вкладыши коренных и шатунных подшипников) имеют или получают при сборке (вследствие деформации) овальную или конусообразную форму, а также если они будут установлены с перекосом из-за нарушения соосности постелей под вкладыши коренных подшипников в блоке цилиндров, то в некоторых зонах контакта в подшипниках возможно местное трение без смазки, в других зонах – увеличение толщины слоя масла, а следова-

тельно, и уменьшение несущей способности подшипника. Это нарушает нормальную работу подшипников и вала и способствует их быстрому износу. Нарушение соосности может быть причиной изгиба коленчатого вала, снижения его прочности и даже разрушения. Поэтому при сборке следует тщательно проверять соосность постелей блока цилиндров, состояние поверхностей и форму коренных и шатунных подшипников, не допуская превышения указанных дефектов, установленных техническими требованиями, а также не допуская царапин, трещин, отслаивания антифрикционного слоя и других погрешностей. Овальность и конусообразность вкладышей коренных и шатунных подшипников проверяют путем промера их в собранном виде индикаторным нутромером в двух взаимно перпендикулярных плоскостях.

Соосность постелей под вкладыши в блоке проверяют с помощью скалки и щупа или макетного вала, диаметр которого должен быть меньше минимального диаметра отверстий под вкладыши на двойное значение допускаемой несоосности.

При сборке двигателя необходимо обеспечить плотное, равномерное прилегание вкладыша к постели блока. При недостаточно плотном прилегании в процессе эксплуатации возможно ослабление посадки, микроперемещения и провертывание вкладыша в постели. Относительные перемещения вкладышей в постелях влекут за собой ускоренный износ соединяемых поверхностей. Неплотное прилегание поверхностей ухудшает теплопередачу от вкладыша к блоку при работе подшипника, в связи с чем повышается температура вкладыша и создаются неблагоприятные условия для работы антифрикционного слоя. Причинами неравномерного прилегания являются конусообразность и овальность постелей, непараллельность торцевых поверхностей стыка вкладышей, высокая шероховатость поверхностей постелей.

При укладке вала во избежание перекосов гайки крышек коренных подшипников целесообразно навинчивать попарно от середины к краям. При этом вначале необходимо навинтить все гайки до соприкосновения с опорными поверхностями, а потом затянуть окончательно. Для обеспечения равномерности затяжки гаек применяют динамометрические ключи. Вначале затягивают гайки средней крышки, а затем поочередно справа и слева от средней крышки. В последнюю очередь затягивают гайки крайних крышек.

Кроме радиальных зазоров, большое влияние на работоспособность вала и подшипников оказывают осевые зазоры, в пределах которых возможно перемещение вала вдоль его оси. Осевые зазоры выдерживают обычно за счет предусмотренного конструкцией компенсатора (уменьшением толщины буртиков вкладышей подшипников путем торцевания или подбора высоты специальных колец, устанавливаемых на вал).

Осовой зазор обычно проверяют щупом или индикатором при крайних смещениях вала.

Соединение поршень – цилиндр. Нормальная работа поршня и цилиндра обеспечивается правильно обоснованными и соблюденными зазорами. При недостаточных зазорах нарушаются условия трения, увеличивается износ соединяемых деталей, повышается процент мощности, расходуемой на трение, растет тепловая напряженность поршней.

Увеличенные зазоры между поршнем и цилиндром могут быть причиной появления металлических стуков, получающихся от ударов поршня о цилиндр под действием боковых сил. Во избежание этого зазор между поршнем и цилиндром принимают возможно меньшим с таким расчетом, чтобы обеспечить образование слоя смазки и предотвратить заклинивание поршня. Комплектуют их по методу групповой взаимозаменяемости или селективного подбора. С этой целью блоки (гильзы) цилиндров и поршни сортируют по размерным группам. Число таких групп зависит от размера допуска на обработку деталей и допустимого зазора при их сборке.

Принадлежность поршня и блока (гильзы) цилиндров к той или иной размерной группе после сортировки маркируют клеймами, наносимыми на днище поршня и на верхнюю плоскость блока (гильзы) цилиндров.

Методика расчета числа размерных групп для комплектования деталей типа гильза цилиндра – поршень заключается в следующем (рис. 7.1).

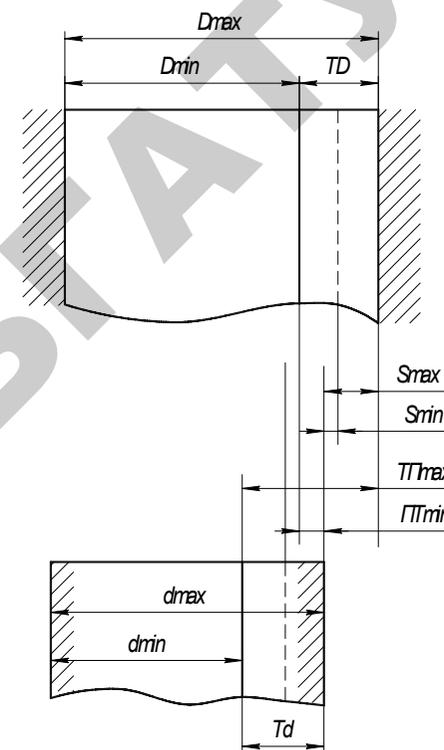


Рис. 7.1. Схема селективного подбора соединения цилиндр–поршень

Устанавливают чертежный или ремонтные размеры цилиндров D и поршней d , а также их производственные допуски на изготовление или ремонт. Определяют поля допусков на изготовление или ремонт цилиндра TD и поршня Td :

$$TD = D_{\max} - D_{\min} ; \quad (7.1)$$

$$Td = d_{\max} - d_{\min} . \quad (7.2)$$

Устанавливают предельные максимальный S_{\max} и минимальный S_{\min} зазоры (натяги) в соединении, обеспечивающие его нормальную работу, и в соответствии с техническими требованиями определяют допуск зазора:

$$TS = S_{\max} - S_{\min} . \quad (7.3)$$

Наибольший и наименьший зазоры, которые могут быть получены при комплектовании деталей без разделения на группы:

$$ТП_{\max} = D_{\max} - D_{\min}; \quad (7.4)$$

$$ТП_{\min} = D_{\min} - d_{\max}. \quad (7.5)$$

Число размерных групп, на которые следует сортировать детали:

$$n = \frac{(ТП_{\max} - ТП_{\min})}{TS}. \quad (7.6)$$

Определяют групповые допуски размерных групп цилиндра TD_2 и поршня Td_2 :

$$TD_2 = \frac{TD}{n}; \quad Td_2 = \frac{Td}{n}. \quad (7.7)$$

Предотвращение возникновения неуравновешенных сил. Кроме геометрических параметров при подборе поршней, шатунов и пальцев учитывают массу, которая у одноименных деталей не должна превышать 2 г, для чего используют весы. Например, разница в массе одного комплекта шатунно-поршневой группы в сборе двигателя ВАЗ-2108 не должна превышать 8 г, а двигателя СМД-62 – 21 г.

Соединение цилиндр – поршневое кольцо. Нормальная работа поршневых колец определяется следующими параметрами: упругостью, зазором в замке кольца в сжатом состоянии, формой кольца, прилегаемостью его наружной кромки к зеркалу цилиндра, зазором между канавкой поршня и кольцом.

При малой упругости кольца не могут обеспечить необходимое уплотнение и предотвратить прорыв газов. При большой упругости кольца создают повышенное удельное давление на гильзу, что вызывает быстрый износ как гильзы, так и кольца.

Упругость колец проверяют на приспособлении для проверки упругости колец.

Плотность прилегания колец к стенкам цилиндра контролируют на световом приспособлении, выполненном в виде цилиндра, внутри которого помещена электрическая лампочка. Проверяемое кольцо вставляют внутрь цилиндра и закрывают его крышкой, диаметр которой на 4–6 мм меньше диаметра цилиндра. Если проверяемое

кольцо всей поверхностью прилегает к стенкам цилиндра, то свет от электрической лампочки не будет виден снаружи.

В этом же приспособлении проверяется зазор в замке кольца с помощью щупа. При несоответствии зазора в замке торцевые поверхности зачищают алмазным надфилем до тех пор, пока зазор не окажется в нужных пределах.

Соединение поршень – поршневое кольцо. При установке поршневых колец на поршень проверяют зазоры между кольцом и стенками канавки поршня по высоте.

Недостаточные зазоры между ними обычно являются причиной прихватавания кольца в канавке, что может привести к задиру цилиндра. Увинченные зазоры вызывают повышение интенсивности ударов колец и износа канавок, а также повышение расхода масла в двигателе вследствие попадания его в камеру сгорания из картера.

При снятии и установке колец пользуются специальными щипцами. Надевать кольца на поршень необходимо осторожно, не разводя концы их больше, чем требуется. При надевании в них возникают напряжения значительно больше тех, какие они испытывают в работе, поэтому на кольцах могут возникать микротрещины. При работе двигателя такие кольца ломаются, что может вызвать разрушение канавок поршня и задиры цилиндра. Кроме того, при надевании на поршень кольцо может быть настолько деформировано, что оно не примет первоначальной формы и не обеспечит достаточного прилегания к зеркалу цилиндра.

Замки на надетых кольцах обычно направляют в разные стороны и располагают их на поршне под углом 180°, 120° или 90° друг к другу.

Соединения поршень – поршневой палец и поршневой палец – отверстие шатуна. Важное значение для долговечной работы двигателя имеет обеспечение нормального зазора в соединениях поршень – поршневой палец и поршневой палец – отверстие верхней головки шатуна. Основные размеры головок шатунов приведены в табл. 7.2. Эти соединения работают в исключительно тяжелых условиях. Температура нагрева пальца ниже, чем температура нагрева поршня. Различны и коэффициенты линейного расширения материалов этих деталей. У поршня, изготовляемого из алюминиевого сплава, он в два раза больше, чем у стального пальца. Поэтому зазоры в соединениях при работе двигателя изменяются, что при знакопеременных силах вызывает дополнительные ударные на-

грузки на детали. Иногда эти ударные нагрузки настолько велики, что являются причинами обрыва шатунных болтов и даже шатунов. Следовательно, чтобы зазор между поршнем и пальцем, а также между пальцем и отверстием верхней головки шатуна в рабочем (нагретом) состоянии был нормальным, соединение этих деталей при сборке должно быть выполнено с посадкой, строго соответствующей техническим требованиям (обычно от зазора 0,005 до натяга 0,007 мм для пальцев диаметром 30–50 мм).

Таблица 7.2

Основные размеры головок шатунов

Марка двигателя	Расстояние между центрами верхней и нижней головок шатуна, мм	Величина натяга между втулкой и верхней головкой шатуна, мм	Номинальный и ремонтный размеры верхней головки шатуна, мм	Диаметр нижней головки шатуна, мм	
				номинальный	допустимый
ЯМЗ-240Б	280 \pm 0,04	0,06–0,120	56,5; 57,0	93 $^{+0,021}$	93,04
ЯМЗ-238НБ	265 \pm 0,04	0,060–0,120	56,5; 57,0	93 $^{+0,021}$	93,04
А-01М	265 \pm 0,03	0,060–0,120	46 $^{+0,08}$	93 $^{+0,021}$	93,04
Д-240	240–0,05	0,048	42+0,027	74+0,015	74,03
ЗМЗ-53	156 \pm 0,05	Не менее 0,06 кг	26,27+0,023	63,5+0,021	63,52

Для обеспечения оптимальных зазоров (натягов) в соединениях этих деталей при расширенном допуске на их обработку так же, как и при комплектовании гильз цилиндров и поршней, применяют селективный подбор. Поршневые пальцы и поршни (по размерам отверстий в бобышках под поршневые пальцы), а также отверстия в верхней головке шатуна делят на группы, в соответствии с которыми их комплектуют.

При демонтаже и монтаже поршневых колец следует применять специальные съемники, чтобы предупредить возможность их излома и разлета.

Комплектование поршней и гильз

Для двигателя комплектуют и устанавливают комплект поршней и гильз одной размерной группы (например, М, С, Б и др.) или одного размера (0,5; I и т. д.), но главным является соблюдение номинального зазора в сопряжении поршень – гильза путем непосредственного зазора, а не только подбор соответствия одной группы. Поршни имеют такие же обозначения размерных групп, что и гильзы (табл. 7.3).

Обозначения размерных групп поршней указаны на днище поршня (например, М, С, Б и др.).

Первоначально при комплектовании пары поршень – гильза необходимо все поршни и гильзы, находящиеся на стеллаже или верстаке, замерить и установить, к какой размерной группе они относятся (табл. 7.3).

Выполнить эту работу необходимо следующим образом: площадь (поверхность) верстака (рабочего стола) условно разделить на три или четыре части в зависимости от количества размерных групп для данного двигателя и скомплектовать все имеющиеся поршни и гильзы по группам путем непосредственного их измерения.

Размерные группы гильз выбирают на торцах верхней части гильзы. В практике ремонтного производства независимо от наличия нанесенных размерных групп на поршнях и гильзах поршни и гильзы при комплектовании подвергают контролю – замеру диаметра поршней и гильз и установлению соответствия их указанным группам или выбраковке.

Поршни измеряют в юбке со стороны нижнего торца на расстоянии 2–3 мм от торца и в плоскости, перпендикулярной поршневому пальцу. Результаты замеров сопоставляют с данными (табл. 7.3).

Таблица 7.3

Размеры гильз и поршней автотракторных двигателей

Марка двигателя	Обозначение разм. группы	Внутренний диаметр гильзы, мм	Диаметр поршня, мм	Ремонтные размеры, мм	
				гильз	поршней
ЯМЗ-240Б	А	130 ^{+0,01}	130 ^{-0,19} _{-0,20}		
ЯМЗ-238НБ	АА	130 ^{+0,02} _{+0,01}	130 ^{-0,18} _{-0,19}		
А-01М, А-41	ААА	130 ^{+0,02} _{+0,03}	130 ^{-0,17} _{-0,18}		
СМД-60	Б	130 ^{+0,04} _{+0,02}	130 ^{-0,16} _{-0,18}		
СМД-62	С1	130 ^{+0,02} _{+0,01}	130 ^{-0,17} _{-0,18}		
СМД-64	С2 М	130 ^{+0,03} _{+0,01} 130 ^{+0,02}	130 ^{-0,16} _{-0,17} 130 ^{-0,18} _{-0,20}		
Д-108	Б С1 С2 М	145 ^{+0,08} _{+0,06} 145 ^{+0,06} _{+0,04} 145 ^{+0,04} _{+0,02} 145 ^{+0,02}	145 ^{-0,28} _{-0,30} 145 ^{-0,30} _{-0,32} 145 ^{-0,32} _{-0,34} 145 ^{-0,34} _{-0,36}	145,7	146,5
СМД-14 СМД-14А СМД-14К СМД-15К СМД-17К СМД-18К	Б Б М	120 ^{+0,06} _{+0,04} 120 ^{+0,04} _{+0,02} 120 ^{+0,02}	120 ^{-0,16} _{-0,18} 120 ^{-0,18} _{-0,20} 120 ^{-0,20} _{-0,22}	120,7	120,7
Д-240 Д-240Л	Б С М	110 ^{+0,06} _{+0,04} 110 ^{+0,04} _{+0,02} 110 ^{+0,02}	110 ^{-0,10} _{-0,12} 110 ^{-0,12} _{-0,14} 110 ^{-0,14} _{-0,16}	110,7	110,7

Окончание таблицы 7.3

Марка двигателя	Обозначение разм. группы	Внутренний диаметр гильзы, мм	Диаметр поршня, мм	Ремонтные размеры, мм	
				гильз	поршней
Д-65Н; Д-65М Д-48Л; Д-48Л	Б С М	110 ^{+0,07} _{+0,04} 110 ^{+0,04} _{+0,02} 110 ^{+0,02}	110 ^{-0,14} _{-0,16} 110 ^{-0,16} _{-0,18} 110 ^{-0,18} _{-0,20}	110,7	110,7
ЗМЗ-53		92 ^{+0,0060}	92 ^{+0,048} _{-0,012}	92,5 ^{+0,06} 93 ^{+0,06} 93,5 ^{+0,06}	92,5 ^{+0,048} _{-0,012} 93 ^{+0,048} _{-0,012} 93,5 ^{+0,048} _{-0,012}
ЗИЛ-130	А АА Б ББ В ВВ	100 ^{+0,06} _{+0,05} 100 ^{+0,05} _{+0,04} 100 ^{+0,04} _{+0,03} 100 ^{+0,03} _{+0,02} 100 ^{+0,02} _{+0,01} 100 ^{+0,01}	100 ^{+0,02} _{+0,01} 100 ^{+0,01 100^{-0,01 100^{-0,01}_{-0,02} 100^{-0,02}_{-0,03} 100^{-0,03}_{-0,04}}}	105 ^{+0,06} _{+0,05} 101 ^{+0,06} _{+0,05} 101,5 ^{+0,06} _{+0,05}	100,5 ^{+0,02} _{+0,01} 101 ^{+0,02} _{+0,01} 101,5 ^{+0,02} _{+0,01}

Примечание. Предельные отклонения для ремонтных размеров поршней и гильз такие же, как для номинальных размеров.

Обязательно необходимо производить контроль круглости и цилиндричности гильз после их запрессовки в блок цилиндров. Если значения круглости и цилиндричности больше номинального в два раза и более, то причиной этого может быть разрыв уплотнительного кольца гильзы либо наличие необработанного прилива по посадочному месту гильзы, что недопустимо.

Затем подбирают комплект поршней и шатунов по массе. Разница в массе поршней и шатунов одного комплекта не должна превышать величин, указанных в табл. 7.4.

Таблица 7.4

Марка двигателя	Допустимая разность в массе деталей шатунно-поршневой группы		
	Разность в массе, не более, г		
	поршней	шатуннов	поршней с шатунами
ЯМЗ-240Б	10	20	30
ЯМЗ-238МБ	7	10	20
Д-240, Д-240Л	5	20	30
ЗМЗ-53	5	10	16

Поршни и шатуны по массе комплектуют так: на обе площадки весов ВНЦ ставят по одному поршню, затем один поршень оставляют на весах постоянно, например, левый, а на правой площадке меняют поршни и подбирают их так, чтобы они на один двигатель не имели разницы в весе более значения, указанного в табл. 7.4.

Комплектование поршневых колец

Кольца нормального или ремонтного размера в зависимости от размера гильзы вставляют в гильзу и выравнивают их поршнем, опрокинутым вверх днищем, и щупом № 4 измеряют зазор в замке.

Если тепловой зазор в стыке замка поршневых колец больше величин, указанных в табл. 7.5, то кольца надо заменить, если меньше – их следует подогнать, спиливая напильником один торец кольца, зажатый в специальном приспособлении для заправки замков поршневых колец (рис. 7.2).

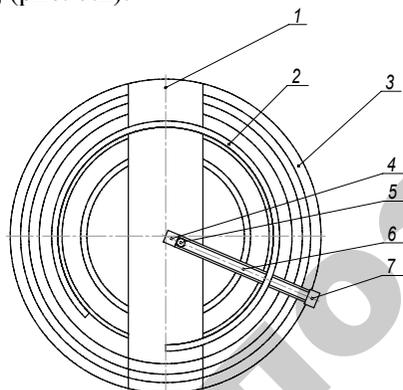


Рис. 7.2. Приспособление для заправки колец:

1 – паз для опиловки торца колец «замков колец»; 2 – кольцо поршневое;
3 – плита; 4 – головка винта; 5 – прижим; 6 – винт; 7 – рукоятка (чайка винта 6);
8 – торец кольца

Для подгонки зазора в замке кольца 2 (рис. 7.2) его укладывают в соответствующую канавку приспособления для заправки замков колец с небольшим выступом по торцу в поперечном пазу, затем кольцо зажимают винтом 6 с прижимом 5 в канавке и напильником опиляют торец 8 кольца, пока не получают минимальный допустимый зазор.

Категорически запрещается подгонять кольца ремонтного размера (P1, P2 и т. д.) под гильзы номинального размера, а также кольца последующего ремонтного размера (например, P2) под гильзы на размер меньше (например, P1).

Подбираемый комплект колец следует обязательно проверить на просвет прилегания кольца к «зеркалу» цилиндра. Для этого (рис. 6.3) кольцо 2 вставляют в гильзу 1 в горизонтальной плоскости и поршнем выравнивают его в гильзе путем нажатия днищем поршня. Затем на кольцо накладывают крышку 3, перекрывая внутреннее отверстие кольца; включают электрическую лампочку 4, установленную в нижней части гильзы. Поршневое кольцо должно плотно прилегать к стенке цилиндра.

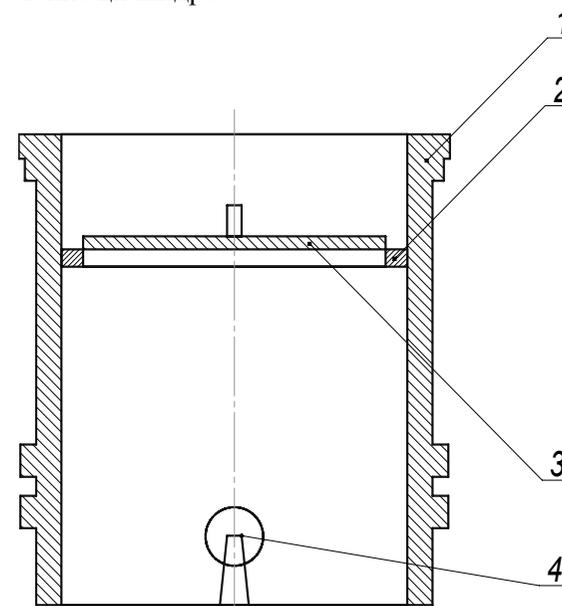


Рис. 7.3. Проверка плотности прилегания поршневого кольца к стенке цилиндра: 1 – гильза блока; 2 – кольцо поршневое; 3 – крышка; 4 – лампа электрическая

В зазор между кольцом и гильзой будет проникать свет. Допускаются местные зазоры не более 0,02–0,003 мм на дуге в 30° в двух местах. Величину зазора измеряют щупом № 2 класса 2. Не допускается зазор между зеркалом цилиндра и наружной поверхностью кольца на расстоянии не менее 5 мм от края замка.

В двигатель можно вставить кольца, у которых просвет между зеркалом-гильзой и кольцом не превышает 0,03 мм на длину дуги 60 мм. Зазор по высоте между поршневой канавкой и кольцом должен быть в пределах, приведенных в табл. 7.6.

Допускается подгонка поршневых колец по высоте и по величине зазора в замке путем их шлифовки на плоскошлифовальном станке с магнитным столом или вручную на плите, покрытой наждачной бумагой.

Таблица 7.6

Зазор между канавками поршня и поршневыми кольцами по высоте, мм					
Марка двигателя	Компрессионные кольца			Маслосъемные кольца	
	номер канавки	нормальный	допустимый	нормальный	допустимый
ЯМЗ-240Б ЯМЗ-238НБ	1, 2, 3	0,13-0,22	0,22	0,086- 0,127	0,127
Д-240	1, 2, 3	0,050-0,055	0,28	0,150-	0,3
ЗМЗ-53		0,050-0,082	-	0,215	-
				0,047- 0,067	

Поршневые кольца должны располагаться в канавках поршня свободно. При вращении поршня в горизонтальном положении вокруг своей оси кольца должны плавно перемещаться в канавках и утопать в них под действием собственной массы. Замки соседних колец должны быть разведены в противоположные стороны, но не располагаться в плоскости бобышек поршня.

Проверка упругости колец

Приспособления КИ-040, МК-ПР-562 или прибор ПК-050А устанавливают в строго горизонтальном положении (по уровню

в станине или отдельно взятом уровне). Затем проверяют показания весового механизма приспособления прибора (рис. 7.4).

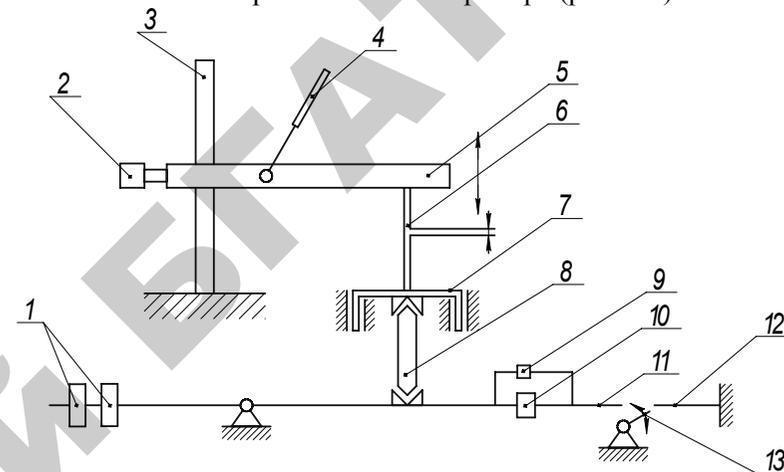


Рис. 7.4. Схема проверки упругости поршневого кольца на приспособлении МК-ПР-562:

1 – противовесы; 2 – винт стопорный; 3 – рейка; 4 – рукоятка привода зубчатого колеса; 5 – упор подвижный; 6 – кольцо поршневое; 7 – предметный столик; 8 – тяга; 9 – дополнительный груз; 10 – основной груз; 11 – коромысло; 12 – неподвижный указатель; 13 – подвижный упор

Устанавливают основной 10 и дополнительный 9 грузы на коромысле 11 в положении «0» и открывают весовой механизм приспособления – рукояткой поворачивают подвижный упор 13 в горизонтальное положение.

Если равновесие нарушено, то есть конец коромысла 11 и неподвижный указатель 12 не находятся на одной линии, то это нарушение устраняется перемещением-вращением вперед или назад противовеса 1. После регулировки весовой механизм приспособления закрывают поворотом рукоятки подвижного упора 13, и коромысло 11 будет застопорено. На предметный столик 7 прибора устанавливают поршневое кольцо 6. Замок кольца должен быть расположен с боковой стороны к наблюдателю.

Поворачивая рукоятку 4 приспособления и перемещая вертикально по рейке 3 подвижный упор 5 вверх или вниз, зажимают кольцо до нормального зазора в стыке – замке (см. табл. 7.7). После этого кольцо закрепляют, застопорив подвижный упор 5 винтом 2.

Затем открывают весовой механизм и, поворачивая рукоятки подвижного упора 13 и перемещая грузы 10 и 9 на весовых рычажках, добиваются равновесия: конец коромысла 11 и неподвижный указатель 12 находятся на одной линии. Упругость поршневых колец должна быть в пределах, указанных в табл. 7.5.

Комплектование поршней с поршневыми пальцами и втулками верхней головки шатуна

Для создания необходимой величины натяга или зазора в сопряжении бобышки поршня – поршневой палец их подбирают по размерным группам. Размерные группы поршня и поршневого пальца обычно маркируются краской, буквенными или цифровыми индексами (табл. 7.7). Маркировка на поршне нанесена на бобышке, а на поршневом пальце – на внутренней поверхности или торцах.

Таблица 7.7

Величина зазоров и натягов в соединении поршней с поршневыми пальцами

Марка двигателя	Диаметр пальца поршня, мм	Маркировка поршня и поршневого пальца	Натяг (-), зазор (+) в сопряжении бобышки поршня–поршневой палец, мм	
			нормальный	допустимый
ЯМЗ-240Б ЯМЗ-238НБ	50 ^{-0,008}	Б ББ БББ	-0,031 -0,048	+0,02
Д-240, Д-240Л	38 ^{-0,002}	Черная Желтая	-0,014 -0,014	+0,03
ГАЗ-69, ГАЗ-69А ГАЗ-21А	22 ^{-0,01}	Комплексно с поршневыми пальцами	0,002-0,008	
ЗМЗ-53	25 ^{-0,01} 28 ^{-0,002}	Голубой Красный		-0,008
ЗИЛ-130	28 ^{-0,002} 28 ^{-0,002} 28 ^{-0,002} 28 ^{-0,01}	Белый Черный	-0,002	

При комплектовании поршневого пальца его размерная группа (маркировка) должна быть одинаковой с размерной группой (маркировкой) поршня. После сопряжения поршневого пальца и поршня натяг или зазор в сопряжении должен соответствовать величине, приведенной в табл. 7.7. Допустимый зазор в сопряжении бобышка поршня – поршневой палец разрешается иметь только в случае нераскомплектовки их деталей.

Подбирают комплект втулок верхней головки шатуна, измеряя их наружный и внутренний диаметры. В зависимости от марки двигателя втулки верхней головки шатуна перед запрессовкой в шатун протачивают по наружному диаметру (двигатели Д-180, СМД-14, Д-50 и др.), оставляя припуск на натяг 60–100 мкм между втулкой и верхней головкой шатуна, а в других двигателях (двигатель ГАЗ-51А и др.) запрессовывают их без проточки. Втулки верхней головки по внутреннему диаметру перед запрессовкой в шатун рассчитывают до диаметра, равного номинальному размеру поршневого пальца.

После запрессовки втулок в верхнюю головку шатуна их разворачивают универсальной раздвижной разверткой номинального (ремонтного) размера (см. табл. 7.5). Развертку закрепляют в патроны токарного станка, а шатун надевают верхней головкой с запрессованной втулкой на конец развертки. Нижняя головка шатуна опирается на направляющую станину станка.

Порядок выполнения работы (на примере комплектования и сборки двигателя СМД-62)

1. Определяют число размерных групп и групповые допуски поршней и гильз цилиндров, поршневых пальцев и отверстий в бобышках поршня при следующих производственных допусках при изготовлении деталей двигателя:

гильза цилиндра – $\varnothing 130^{+0,01}$; поршень – $\varnothing 130_{-0,24}^{-0,20}$

зазоры посадки при сборке поршня и гильзы цилиндра:

$S_{\max} = 0,26$ мм, $S_{\min} = 0,22$ мм;

поршневой палец – $\varnothing 45_{+0,012}^{+0,008}$; бобышки поршня – $\varnothing 45_{+0,012}^{+0,008}$

зазоры (натяги) при сборке поршневого пальца и поршня:

$S_{\max} = 0,005$ мм; $S_{\min} = 0,005$ мм.

2. Подбирают в соответствии с полученными данными по размерным группам поршни, гильзы цилиндров и поршневые пальцы для установки в двигатель. Комплектуют поршни и шатуны по массе. Разница в массе поршней для одного двигателя не должна превышать 7 г, шатунов в сборе с втулками верхней головки – 14 г.

3. Комплектуют шатуны по геометрическим параметрам: допустимый изгиб – 0,06 мм; допустимая скрученность – 0,12 мм.

4. Подбирают комплект поршневых колец для одного поршня, соблюдая следующие технические условия: упругость при нормальном зазоре в замке компрессионных колец – 22...31 Н, маслоъемных колец – 18...30 Н; зазор в замке компрессионных и маслоъемных колец – 0,45...0,65 мм; проверят прилегаемость колец к стенкам цилиндра – просвет не допускается; допустимый зазор между канавками поршня и поршневыми кольцами по высоте: компрессионными – 0,30 мм; маслоъемными – 0,25 мм.

5. Подбирают комплекты вкладышей коренных и шатунных подшипников в соответствии с размерами коренных и шатунных шеек коленчатого вала (табл. 7.8).

Таблица 7.8

Размерные группы коленчатого вала

Наименование вкладыша	Шатунного		Коренного	
	Диаметр вкладыша, мм	Диаметр шейки коленчатого вала, мм	Диаметр вкладыша, мм	Диаметр шейки коленчатого вала, мм
H_1^1	$85,25^{+0,014}_{-0,008}$	$85,25^{+0,014}_{-0,008}$	$92,25^{+0,014}_{-0,007}$	$92,25^{+0,014}_{-0,007}$
H_2^2	85,00	85,00	92,0	92,0
P_1	84,5	84,5	91,5	91,5
P_2	84,0	84,0	91,0	91,0
P_3	83,5	83,5	90,5	90,5
P_4	83,0	83,0	90,0	90,0

¹ Допуски всех других размеров вкладышей соответствуют допуску H_1 .

² Допуски всех других размеров шеек вала соответствуют допуску H_2 .

Овальность и конусообразность внутренней поверхности расточенных вкладышей допускается не более 0,02 мм.

Проверяют соосность постелей под вкладыши коренных подшипников коленчатого вала в блоке цилиндров. Допускается относительное смещение осей соседних опор не более 0,02 мм, а всех опор – 0,03 мм.

Собирают кривошипно-шатунный механизм двигателя СМД-62 в соответствии с маршрутной картой.

Маршрутная карта сборки кривошипно-шатунного механизма двигателя

Номер операции	Наименование и содержание операции
005	Установить вкладыши в постели блок-картера и крышки коренных подшипников. Установить упорные полукольца в выточку четвертой коренной опоры блок-картера и крышку заднего коренного подшипника. Уложить коленчатый вал в сборе на коренные подшипники блок-картера. Установить крышки коренных подшипников и закрепить гайки
010	Установить гильзы цилиндров в блок-картер, обеспечив сохранность комплектов поршней с гильзами одной размерной группы. Выступание буртиков гильз должен быть в пределах 0,07–0,16 мм. Колебания возвышения в пределах одного ряда должны быть не более 0,07 мм. Разность возвышения одной гильзы не должна превышать 0,03 мм
015	Установить на поршень стопорное кольцо поршневого пальца. Нагреть поршень до температуры 50–75 °С. Запрессовать в поршень и шатун поршневой палец. Установить второе стопорное кольцо. Поршень с пальцем в сборе должен поворачиваться и перемещаться во втулке шатуна под действием собственного веса

Номер операции	Наименование и содержание операции
020	Установить в канавки поршня поочередно масло-съемные кольца, два кольца компрессионных конических и верхнее компрессионное кольцо. При вращении поршня в горизонтальном положении компрессионные кольца должны плавно перемещаться в канавках и утопать в них под действием собственного веса
025	Установить половинки вкладышей в шатун и крышку шатуна таким образом, чтобы масляное отверстие во вкладыше совпало с масляным каналом в шатуне. Проверить соответствие внутреннего диаметра, овальности и конусообразности в подшипнике шатуна при равномерно затянутых шатунных болтах с моментом затяжки 0,24–0,26 кН·м (24–26 кг·см) техническим требованиям (см. табл. 1.7)
030	Снять крышки шатунов. Протереть салфеткой и смазать дизельным маслом гильзы цилиндров, поршни с поршневыми пальцами, вкладыши шатунных подшипников и шейки коленчатого вала. Установить в гильзы цилиндров поршни с шатунами в сборе. Поршни в цилиндры следует устанавливать так, чтобы стрелки на днищах поршней были направлены в сторону водяного насоса. Момент затяжки болтов крепления крышек шатунов должен быть в пределах 0,24–0,26 кН·м. Момент проворачивания коленчатого вала после нормальной затяжки всех шатунных болтов не должен превышать 50 Н·м (5 кг·м). Выступление поршней над верхней плоскостью блока не должно превышать 0,5 мм. Допустимо отсутствие выступания поршней, но не утопание

Содержание отчета

1. Наименование и цель лабораторной работы.
2. Схема селективного подбора сопряжения цилиндр – поршень.
3. Характеристика технического состояния деталей по результатам расчетов, проверки и комплектации.
4. Значение момента проворачивания коленчатого вала после сборки кривошипно-шатунного механизма.

Контрольные вопросы

1. В чем сущность и основные задачи комплектования деталей?
2. Каковы методы комплектования деталей?
3. Что такое метод полной взаимозаменяемости (объясните и приведите примеры)?
4. Что такое метод групповой взаимозаменяемости (объясните и приведите примеры)?
5. Что такое метод индивидуальной подгонки деталей (объясните и приведите примеры)?
6. Как комплектуются детали цилиндрико-поршневой группы, двигателя внутреннего сгорания.

СТАТИЧЕСКАЯ БАЛАНСИРОВКА ДЕТАЛЕЙ МАШИН

Цель работы – закрепление теоретических знаний и приобретение у студентов практических навыков по статической балансировке роторов на балансировочных приспособлениях типа «ножи», «призмы».

Студент должен знать: конструкции и устройство стандов для статической балансировки деталей; виды неуравновешенностей вращающихся деталей и сборочных единиц и причины их возникновения; сущность процесса статической балансировки; методику и последовательность выполнения операций статической балансировки.

Студент должен уметь: определять величину статической неуравновешенности; выполнять коррекцию масс балансируемой детали установкой и креплением рабочего уравновешивающего груза либо высверливанием отверстия; контролировать качество балансировки и величину остаточного дисбаланса.

Задание для выполнения работы

1. Изучить правила техники безопасности при статической балансировке.
2. Ознакомиться с оснащением рабочего места и устройством станда для статической балансировки.
3. Обосновать ширину рабочей поверхности линейной опоры станда.
4. Выполнить грубую, а затем точную балансировку ротора.
5. Определить расположение и величину рабочих уравновешивающих грузов или параметры высверливаемого отверстия.
6. Установить и закрепить рабочие уравновешивающие грузы либо высверлить отверстие.
7. Проконтролировать качество балансировки.
8. Оформить и защитить отчет.

Оснащение рабочего места

1. Лабораторный стенд с линейными опорами для изучения и выполнения операции статической балансировки или установка для статической балансировки на роликах.
2. Балансируемая деталь (ротор, шкив маховика, шкив вариатора).
3. Оправки для балансируемой детали.
4. Компенсирующие грузы (тарированные магнитные шайбы).
5. Набор сверл, настольно-сверлильный станок.
6. Перечень приборов, инструментов, материалов, используемых при выполнении операции статической балансировки в соответствии с табл. 8.1.

Таблица 8.1

Перечень приборов, инструментов, материалов,
используемых при выполнении статической балансировки

Наименование, тип, марка прибора, инструмента или материала	Характеристики прибора, инструмента или материала	Назначение прибора, инструмента или материала
<i>Приборы</i>		
1. Весы технические лабораторные ВЛТ-1	Диапазон измерения 0,005–1,0 кг. Относительная погрешность измерения $\pm 5\%$	Измерение веса уравновешивающих, пробных и корректирующих грузов
2. Набор гирь Г-3-1110	Комплект разновесов от 10 мг до 5 кг	То же
<i>Мерительные инструменты</i>		
3. Штангенциркуль НЦ-П ГОСТ 166-80	Диапазон измерений 0–315 мм. Цена деления 0,1 мм	Измерение геометрических размеров ротора и линейных координат центров тяжести грузов
4. Линейка измерительная металлическая ГОСТ 427-75	Длина 500 мм. Цена деления 1 мм. Допустимая погрешность $\pm 0,15$ мм	То же

Окончание таблицы 8.1

Наименование, тип, марка прибора, инструмента или материала	Характеристики прибора, инструмента или материала	Назначение прибора, инструмента или материала
5. Уровень брусковый ГОСТ 9392-75	Цена деления $15' = 4,4$ мм/м	Измерение горизонтальности ножей
6. Угломер УМ ГОСТ 5378-66	Цена деления $15'$. Диапазон измеряемых углов $0-180^\circ$	Измерение угловых координат центров тяжести грузов
<i>Инструменты слесарные</i>		
7. Ключи гаечные двухсторонние с открытым зевом ГОСТ 2839-80 Е	Размер зева: 12 мм – 1 шт., 17 мм – 2 шт., 19 мм – 1 шт.	Регулировка винтовых опор; регулировка горизонтальности ножей; затяжка болтов крепления уголка к перекладине; затяжка болтов крепления ножей к уголку
8. Пластин	Количество 0,5 кг	Уравновешивающие и пробные грузы
9. Рейка металлическая	Длина 0,65 м, сечение 22×22 мм, отклонение от прямоугельности не более 0,1 мм	Контроль горизонтальности ножей

Техника безопасности

К работе по статической балансировке деталей допускаются лица, прошедшие инструктаж по технике безопасности на рабочем месте и овладевшие практическими навыками безопасного выполнения работ по статической балансировке.

Работа должна выполняться в присутствии учебного мастера. Перед началом работы необходимо надеть спецодежду, проверить исправность приборов, инструмента, приспособлений. Не допускается применение ключей, не соответствующих размерам болтов и гаек.

По окончании работ необходимо убрать рабочее место и сдать его учебному мастеру.

Общие сведения

Статической балансировкой называют процесс устранения статической неуравновешенности вращающихся частей машин и аппаратов: маховиков, шкивов, зубчатых колес, роторов и т. д.

Статическая неуравновешенность характеризуется тем, что ось вращения тела располагается параллельно его главной центральной оси инерции (рис. 8.1). При этом центр массы тела (ц. м.) совпадающий с центром тяжести (ц. т.) не лежит на оси вращения, а смещен относительно нее на некоторое расстояние e .

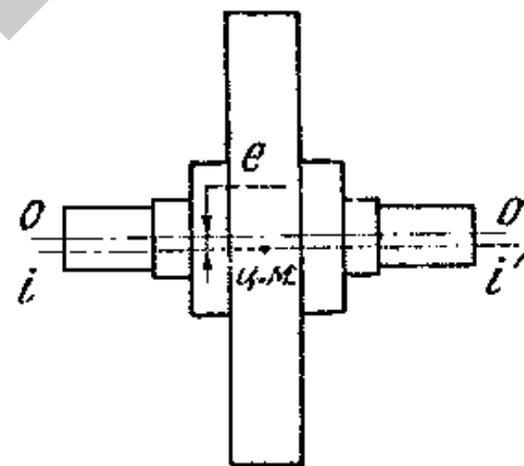


Рис. 8.1. Статическая неуравновешенность ротора:
 $O-O'$ – ось вращения ротора; $i-i'$ – главная ось инерции ротора;
 e – смещение центра массы ротора относительно оси вращения

При вращение статически неуравновешенного тела возникают неуравновешенные центробежные силы (далее – центробежные силы), которые через опорные элементы (подшипники) воспринимаются и уравновешиваются внешней системой. Центробежная сила ($F_{ц}$), возникающая вследствие статической неуравновешенности ротора, приложена в точке расположения центра массы, действует по нормали к окружности, описываемой центром массы (следовательно, вращается совместно с ротором):

$$F_{ц} = m_p e \omega^2 = m_p e (2\pi n)^2, \quad (8.1)$$

где m_p – масса ротора;

e – смещение центра массы ротора относительно оси вращения;

ω – угловая скорость вращения ротора;

n – частота вращения ротора.

Легко подсчитать, что на ротор массой $m_p = 10$ кг, вращающегося с частотой $n = 50$ с⁻¹ и имеющего смещение $e = 0,1$ мм, будет действовать центробежная сила величиной $F_{ц} = 99$ Н = 9,9 кгс.

Из данного примера видно, какой большой величины может достигать центробежная сила даже при столь не значительном смещении центра массы ротора относительно оси вращения. Особенно большие центробежные силы наблюдаются у роторов, вращающихся с высокой скоростью ($n > 50$ с⁻¹), так как величина $F_{ц}$ пропорциональна квадрату скорости вращения. Количественной оценкой статической неуравновешенности ротора принято считать либо величину смещения центра массы ротора относительно оси вращения, либо статический момент ротора ($M_{ст}$), либо коэффициент статической неуравновешенности ротора ($K_{ст}$). Последний параметр показывает, во сколько раз центробежная сила, вызванная статической неуравновешенностью, превышает вес ротора и определяется по соотношению:

$$K_{ст} = \frac{F_{ц}}{G_p} = \frac{m_p e \omega^2}{m_p g} = \frac{e \omega^2}{g}, \quad (8.2)$$

где G_p – вес ротора;

g – ускорение свободного падения.

Из соотношения (8.2) следует, что коэффициент статической неуравновешенности ротора можно рассматривать как отношение

центробежного ускорения центра массы ротора ($a_{ц} = e \omega^2$) к ускорению свободного падения.

Статический момент ротора представляет собой произведение величины смещения центра массы ротора относительно оси вращения на вес ротора:

$$M_{ст} = e G_p = e m_p g. \quad (8.3)$$

Статический момент заставляет статически неуравновешенный ротор принимать такое положение в пространстве (при наличии поля тяжести и отсутствии трения в опорах), при котором его потенциальная энергия будет минимальна. В общих условиях это соответствует тому, что из всех возможных положений центр масс ротора займет точку, наименее удаленную от центра Земли. Статический момент позволяет обнаружить статическую неуравновешенность ротора даже без его вращения. Поэтому данный вид неуравновешенности и называется статическим.

На практике статическая неуравновешенность вращающихся элементов оборудования может быть вызвана различными причинами: неточностью изготовления ротора (биение вала, несоосность рабочего органа и вала и т. д.); наличием пустот или инородных включений в теле ротора (шеек вала, рабочих органов) и др. Центробежные силы от неуравновешенных масс являются одной из основных причин вибрации оборудования и могут оказывать существенное влияние на его надежность и качества функционирования. С целью устранения отрицательного воздействия центробежных сил на оборудование их вращающиеся детали и сборочные единицы подвергаются статической или (и) динамической балансировке.

Статической балансировке подвергаются преимущественно роторы доскообразной формы не быстроходных машин. Условия применения статической балансировки предполагают выполнение трех соотношений (8.4):

$$\frac{L}{D} \leq 1, \quad n \leq 166,7c^{-1}, \quad \frac{D(1 - 0,45 \lg n)}{L} \geq 1. \quad (8.4)$$

Вследствие того, что статическая балансировка не позволяет выявить динамическую и смешанную неуравновешенности, ее не применяют для ответственных и быстроходных машин.

Сущность процесса статической балансировки заключается в том, что к легкой стороне ротора, диаметрально противоположно смещенному центру массы, прикрепляется уравновешивающий груз такой величины, при которой статическая неуравновешенность ротора либо устраняется полностью, либо снижается до предельно допустимой величины. Уравновешивающий груз изменяет положение центра массы ротора и позволяет уменьшить его смещение от оси вращения до сколько угодно малой величины.

Условие достаточности статического уравновешивания в аналитическом виде может быть представлено любым из следующих соотношений:

$$|e| \leq e^* ; \quad (8.5)$$

$$|M_{ct}| \leq M_{ct}^* ; \quad (8.6)$$

$$|K_{ct}| \leq K_{ct}^* . \quad (8.7)$$

В данных соотношениях e^* , M_{ct}^* , K_{ct}^* – предельно допустимые величины соответственно смещения центра массы ротора относительно оси вращения, статического момента ротора коэффициента статической неуравновешенности ротора. Статический момент ротора после установки уравновешивающего груза должен соответствовать соотношению (8.8):

$$|M_{ct} - gm_y R_y| \leq M_{ct}^* , \quad (8.8)$$

где m_y и R_y – масса уравновешивающего груза и расстояние от центра массы уравновешивающего груза до оси вращения ротора.

Решая неравенство (7.8) относительно m_y , получим:

$$\frac{M_{ct} - M_{ct}^*}{R_y g} \leq m_y \leq \frac{M_{ct} + M_{ct}^*}{R_y g} . \quad (8.9)$$

Полагая, что $M_{ct}^* = 0$, получим значение массы уравновешивающего груза, когда статический момент ротора устраняется полностью:

$$m_y = \frac{M_{ct}}{gR_y} = \frac{G_p e}{gR_y} = \frac{m_p e}{R_y} . \quad (8.10)$$

Выражение (8.10) позволяет определить массу уравновешивающего груза (при заданных m_p и R_y), если известно смещение центра массы ротора относительно оси вращения. В реальных условиях величина e является неизвестной и определяется экспериментальным путем по величине максимального статического момента ротора.

Существуют различные способы и устройства для осуществления статической балансировки вращающихся тел. Наиболее практическое применение получили устройства с линейными опорами и горизонтальным расположением оси балансирующего ротора. Устройства этого вида просты в изготовлении и обеспечивают наилучшее качество балансировки.

Схема типового балансирующего устройства с линейными опорами показана на рис. 8.2. Устройство включает массивную станину, выполненную, как правило, способом литья и состоящую из основания 1 и двух стоек 2. С целью исключения вибрации и микроперемещения устройства его станина устанавливается на фундамент. В устройствах, предназначенных для балансировки крупногабаритных роторов, станина может отсутствовать. Ее роль выполняют две независимых стойки, установленные на единый фундамент. При любом исполнении в верхней части стоек имеются горизонтальные поверхности, к которым крепятся линейные опорные элементы 3: ножи (1-а); призмы (1-б); скалки (1-в). Необходимым требованием для всех балансирующих устройств данного

вида является расположение рабочих поверхностей линейных опор строго в единой горизонтальной плоскости.

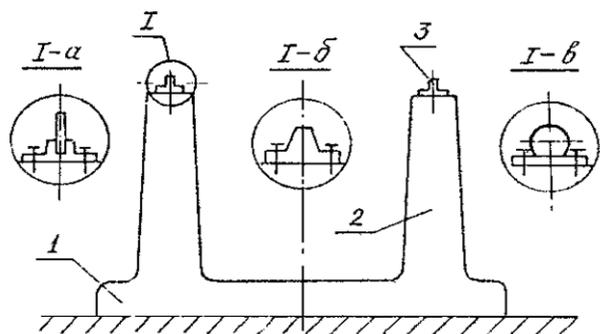


Рис. 8.2. Устройство для статической балансировки роторов на линейных опорах: 1 – основание; 2 – стойка; 3 – линейная опора; нож ($I-a$); призма ($I-b$); скалка ($I-v$)

Длина (L) линейных опор назначается такой, чтобы ротор при перекачивании мог сделать 1,5–2 оборота в обе стороны от центра опор:

$$L = (3 \dots 4)\pi d, \quad (8.11)$$

где d – диаметр шейки вала ротора.

Опорные элементы изготавливаются из закаленной углеродистой качественной стали (сталь 40; сталь 50; сталь 40ХН; сталь 50Г и др.), рабочие поверхности тщательно отшлифовываются до значения параметра шероховатости $R_a = 0,08-0,16$ мкм. Ширина (b) рабочей поверхности линейной опоры устанавливается в зависимости от веса балансируемого ротора. При этом исходят из следующих соображений: линейные опоры должны оказывать минимальное сопротивление перекачивания ротора; контактные напряжения в зоне взаимодействия вала ротора и опоры не должны превышать предельно допустимые величины.

Второе требование представляет собой условие контактной прочности взаимодействующих элементов и может быть представлено в виде соотношения

$$\sigma_k \leq \sigma_k^*, \quad (8.12)$$

где σ_k – наибольшее контактное напряжение, возникающее при взаимодействии вала ротора с линейной опорой;

σ_k^* – предельно допустимая величина контактных напряжений.

Наибольшее контактное напряжение возникает в центре пятна контакта вала ротора и опоры. Их величина рассчитывается по формуле

$$\sigma_k = 0,798 \sqrt{\frac{P_{\max}}{d \left(\frac{1-\mu_o^2}{E_o} + \frac{1-\mu_B^2}{E_B} \right)}}, \quad (8.13)$$

где P_{\max} – максимальное усилие, приходящееся на единицу ширины рабочей поверхности линейной опоры;

μ_o, μ_B – коэффициенты Пуассона для конструкционных материалов опоры и вала;

E_o, E_B – модули упругости конструкционных материалов опоры и вала.

Максимальное усилие определяется по части веса ротора, воспринимаемого наиболее нагруженной опорой

$$P_{\max} = \max \left\{ \frac{G_1}{b}, \frac{G_2}{b} \right\}, \quad (8.14)$$

где G_1, G_2 – часть веса ротора, приходящаяся соответственно на первую и вторую опоры.

В большинстве практических случаев можно принять $\mu_B = \mu_o = 0,3$ и $E_B = E_o = 2 \cdot 10^5$ МПа. С учетом данного обстоятельства уравнение (8.13) примет вид

$$\sigma_k = 0,59 \sqrt{P_{\max} \frac{E}{d}}. \quad (8.15)$$

Предельно допустимая величина контактных напряжений назначается из условия отсутствия пластических деформации вала и опоры в зоне контакта (с учетом запаса прочности) и зависит от марки конструкционного материала взаимодействующих элементов. При отсутствии сведений о прочностных свойствах конструкционного материала рекомендуется принимать $\sigma_k^* = 800$ МПа.

Приравнивая в выражении (8.15) контактные напряжения предельно-допустимым напряжениям, найдем максимальную нагрузку (G_{\max}) на одну из опор:

$$G_{\max} = P_{\max} b = \frac{(\sigma_k^*)^2 db}{0,35E}. \quad (8.16)$$

Выражение (8.16) позволяет также рассчитывать по известной максимальной нагрузке опоры необходимую ширину ее поверхности:

$$b \geq 0,35 \frac{G_{\max} E}{(\sigma_k^*)^2 d}. \quad (8.17)$$

Ориентировочно ширина рабочей поверхности линейной опоры назначается в зависимости от массы ротора:

Масса ротора, кг	до 3	3–30	30–300	300–2000
Ширина рабочей поверхности опоры, мм	0,3	3	10	30

Порядок выполнения работы

Описание лабораторного стенда

Лабораторный стенд для изучения и выполнения операции статической балансировки включает (рис. 8.3) сварную станицу, состоящую из основания 1 и четырех стоек 2. Основание включает четыре винтовые опоры 3, посредством которых стойкам передается строго вертикальное положение. Контроль за вертикальностью стоек осуществляется по пузырьковому уровню 4. В верхней части стойки попарно соединяются перекладинами 5. К перекладинам

при помощи уголков 6 и болтов 7 крепятся ножи 8. Ножи могут перемещаться в вертикальной плоскости посредством регулировочных винтов 9. В рабочем состоянии опорные поверхности ножей должны лежать в единой горизонтальной плоскости. Балансируемый ротор 10 помещается на ножи таким образом, чтобы его ось располагалась горизонтально и проходила через середину ножей. Торцевая поверхность ротора должна быть заранее подготовлена, то есть на ней проводятся линии, делящие торцевую поверхность на 8 или более (12, 16) равных секторов (см. рис. 8.5, а).

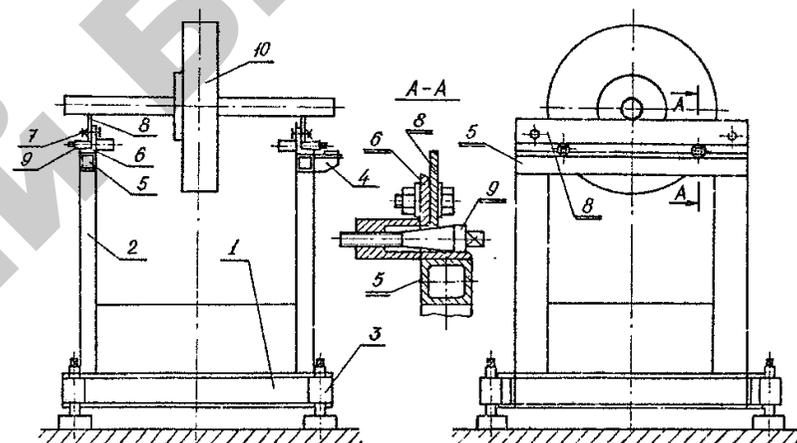


Рис. 8.3. Схема лабораторного стенда для статической балансировки роторов: 1 – основание; 2 – стойка; 3 – винтовая опора; 4 – пузырьковый уровень; 5 – перекладина; 6 – планка; 7 – болты крепления; 8 – ножи; 9 – винты регулировочные; 10 – ротор

Порядок выполнения статической балансировки

Операция статической балансировки ротора на ножках выполняется в следующем порядке.

1. Проверяется правильность установки станины. При правильном положении станины газовый пузырек уровня 4 должен располагаться в центре его смотрового окошка (рис. 8.3). В случае несоблюдения этого требования необходимо выставить станину в заданное положение при помощи винтовых опор 3.

2. Проверяется правильность установки ножей 8. Проверка правильности установки ножей осуществляется при помощи брусково-

го уровня и рейки, входящих в состав принадлежностей станда. При установке уровня на опорные поверхности ножей, а также на рейку, помещенную на балансировочное устройство вместо ротора, газовый пузырек уровня должен располагаться по центру его стеклянной колбы. В случае несоблюдения данного требования ослабляются болты 7 и вращением регулировочных винтов 9 добиваются горизонтального положения опорных поверхностей ножей и рейки, лежащей на обоих ножах одновременно.

После завершения регулировки производят затяжку болтов 7 и вновь проверяют правильность установки ножей, так как в процессе затяжки крепежных элементов может произойти изменение их положения.

3. Балансируемый ротор помещается на ножи и производится его балансировка согласно методике, приведенной ниже. Измерение геометрических размеров ротора, веса, линейных и угловых координат расположения центров тяжести, уравнивающих, пробных и корректирующих грузов осуществляется при помощи соответствующих мерительных средств (см. табл. 8.1).

Статическая балансировка роторов при помощи устройств с линейными опорами состоит из пяти стадий:

- грубая балансировка;
- точная балансировка;
- выбор расположения и величины рабочих уравнивающих грузов;
- установка и крепление рабочих уравнивающих грузов;
- контроль качества балансировки.

Грубая балансировка выполняется с целью устранения явной неуравновешенности ротора без учета сил сопротивления, препятствующих его обкатыванию на опорах. Грубая балансировка производится следующим образом. Ротор помещают на устройство так, чтобы его ось вращения располагалась горизонтально и перпендикулярно линейным опорам. Желательно, чтобы ротор был надет на собственный рабочий вал. В случае невозможности выполнение этого требования ротор крепится на специально изготовленную оправку. Если вал ротора имеет разные диаметры опорных шеек, то на меньшую из них вытаскивают выравнивающую втулку. В исходном состоянии ротор располагают в средней части устройства и предоставляют возможность свободно перекатываться по линейным опо-

рам. Под действием статического момента ротор будет совершать колебательные перекатывающие движения до тех пор, пока не займет положение, близкое к равновесию.

В том случае если ротор, перемещенный на балансировочное устройство, не перекатывается по линейным опорам, его необходимо повернуть (в любую сторону) на 90° или выполнить легкий толчок для преодоления сил трения покоя.

Если бы отсутствовали силы сопротивления, препятствующие перекатыванию ротора на опорах, его смещенный центр тяжести расположился бы в самой нижней точке траектории движения, то есть в нижней части вертикали, пересекающейся с осью вращения. В реальных условиях центр тяжести ротора будет находиться вблизи точки равновесия. Для установления положения смещенного центра тяжести на торцевой поверхности ротора, после того как он займет положение равновесия, наносится меловая метка I (рис. 8.4), которая должна совпадать с вертикальной линией, опущенной из центра вращения.

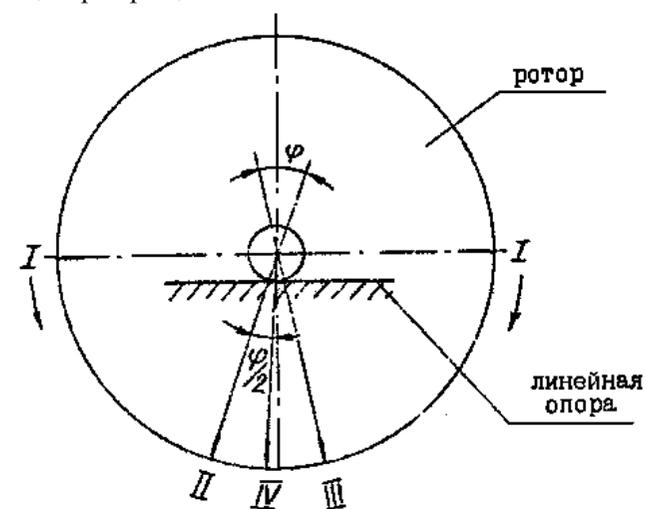


Рис. 8.4. Определение направления смещения центра тяжести

Затем ротор поворачивают в любую сторону на 90° (при этом метка I займет горизонтальное положение слева или справа от оси вращения) и предоставляют ему возможность свободного перекатывания на опорах. Новое положение равновесия отмечают меткой

II. Операцию повторяют еще раз, при этом ротор располагают на опорах таким образом, чтобы исходная метка I находилась в горизонтальной плоскости с другой стороны от оси вращения. После затухания колебательных движений ротора положение равновесия отмечают меткой III. Далее полагают, что смещенный центр тяжести лежит на линии, являющейся биссектрисой угла, заключенного между метками II и III. Эту линию обозначают меткой IV. Сторона ротора, обозначенная меткой IV (где расположен смещенный центр тяжести), называется тяжелой.

Противоположная от оси вращения сторона ротора называется легкой. Затем приступают к устранению явной статической неуравновешенности ротора. Для этого ротор ориентируют на балансировочном устройстве таким образом, чтобы метка IV находилась в горизонтальной плоскости. К легкой стороне ротора в удобном месте (как правило, по боковой поверхности) прикрепляют уравновешивающий груз такой величины, при котором на ротор перестает действовать статический момент. При этом ротор должен находиться в состоянии равновесия при любом его положении на опорах. Величина уравновешивающего груза подбирается опытным путем.

Признаком правильности подбора величины уравновешивающего груза является отсутствие движения ротора в любую сторону при расположении метки IV в горизонтальной плоскости как справа, так и слева от оси вращения. Для уравновешивания удобно пользоваться либо небольшими магнитами массой 1–3 г (если ротор изготовлен из магнитопроводного материала), либо пластилином, прилепляемым мелкими порциями к выбранному месту на поверхности ротора.

Выполняя грубую балансировку, следует придерживаться следующих правил:

- плоскость коррекции (плоскость, перпендикулярная оси вращения, в которой располагается центр массы уравновешивающего груза) должна либо проходить через центр массы ротора, либо располагаться на незначительном удалении от него;
- уравновешивающий груз желательно помещать в таком месте, чтобы было известно расстояние от оси вращения до центра массы груза или было удобно его измерить;
- место расположения уравновешивающего груза по возможности должно совпадать с местом расположения рабочего уравновешивающего груза.

Если последнее требование выполняется, то отпадает необходимость пересчета массы уравновешивающего груза при изменении радиуса его расположения относительно оси вращения.

После устранения неуравновешенности ротора приступают к выполнению второй стадии – точной балансировке.

Точная балансировка осуществляется с целью устранения скрытой неуравновешенности ротора, которая из-за наличия сил, препятствующих свободному перекачиванию ротора на опорах, не приводит к его вращению. Силы сопротивления перекачиванию ротора могут быть обусловлены различными причинами:

- негоризонтальностью и непараллельностью линейных опор;
- недостаточной твердостью и плохим качеством обработки рабочих поверхностей опор и шеек вала;
- наличием дефектов (царапин, вмятин) и загрязнений (пыли, липких веществ) на опорах и шейках вала;
- прогибом опор и вала и т. д.

Точная балансировка выполняется следующим образом. Торцевая поверхность ротора (рис. 8.5) делится на 8, 12 или 16 равных секторов. Линии, делящие торцевую поверхность на сектора, нумеруются по порядку.

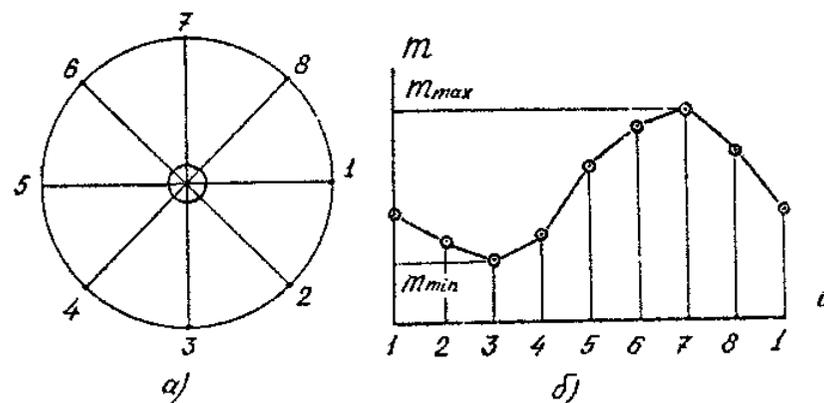


Рис. 8.5. Определение скрытой неуравновешенности ротора:
 а – разбивка ротора на сектора; б – диаграмма разбалансировки ротора;
 m – масса пробного груза; i – обозначение положения ротора

Направление нумерации линий может быть произвольным: по или против часовой стрелки. Ротор с прикрепленным к нему уравновешивающим грузом поворачивают таким образом, чтобы линия l оказалась в горизонтальной плоскости (рис. 8.5, а). К боковой поверхности ротора напротив линии l прикрепляют пробный груз такой величины, масса которого достаточна (без избытка) для вывода ротора из состояния равновесия. Величину пробного груза, приводящего к разбалансировке ротора, определяют опытным путем, посредством последовательного прикрепления к ротору мелких порций пластилина до тех пор, пока он не придет в движение. Затем груз снимают и взвешивают на весах с точностью до десятых долей грамма. Аналогичные операции поочередно выполняют для всех других положений ротора, обозначенных номерами. По данным о величине пробных грузов, вызывающих разбаланс ротора в его различных положениях, строят диаграмму (рис. 8.5, б). По диаграмме определяют максимальную (m_{\max}) и минимальную (m_{\min}) массы пробного груза, необходимого для вывода ротора из равновесия. Там, где располагался груз наибольшей величины, находится легкая сторона ротора, а в том месте, где устанавливался груз наименьшей величины, находится тяжелая сторона ротора. Следует подчеркнуть, что грузы m_{\max} и m_{\min} должны находиться в диаметрально противоположных точках. Для устранения скрытой неуравновешенности ротора к его легкой стороне прикрепляют корректирующий груз, масса которого определяется по формуле

$$m_k = 0,5(m_{\max} - m_{\min}). \quad (8.18)$$

Момент сопротивления (трения), обусловленный силами, препятствующими свободному перекачиванию ротора на опорах, составит:

$$M_{\text{тр}} = m_k g R_k, \quad (8.19)$$

где R_k – расстояние от центра массы корректирующего груза до оси вращения ротора.

Суммарная сила сопротивления (трения), действующая по касательной в центре площадки контакта шеек вала и линейных опор, составит:

$$F_{\text{тр}} = \frac{M_{\text{тр}}}{r} = 2m_k g \frac{R_k}{d}, \quad (8.20)$$

где $r = d/2$, d – соответственно радиус и диаметр шейки вала.

Отношение силы сопротивления к весу ротора характеризует чувствительность балансирующего устройства и определяет качество балансировки ротора:

$$\sigma = \frac{F_{\text{тр}}}{G} = \frac{2m_k R_k}{m_R d}. \quad (8.21)$$

Второй этап балансировки считают законченным, если определены величина и место установки корректирующего груза. После него приступают к определению места расположения и величины рабочего уравновешивающего груза. Для обеспечения работоспособности ротора в процессе эксплуатации необходимо заменить временные уравновешивающий и корректирующий грузы одним рабочим грузом, который будет находиться на роторе постоянно.

Третий этап балансировки – *выбор расположения и величины рабочих уравновешивающих грузов*. Материал рабочего груза, его место расположения и вид соединения с ротором должны выбираться с учетом безопасности, надежности и долговечности оборудования. Принимается во внимание требование технологичности ремонтно-восстановительных операций, например, удобство крепления и подбора груза. На практике при выполнении ремонта оборудования наибольшее применение получили следующие способы устранения неуравновешенности роторов:

– крепление рабочего груза к легкой стороне ротора посредством неразъемных соединений (сварка, пайка, клепка);

– крепление рабочего груза к легкой стороне ротора посредством разъемных соединений (резьбы, зажимов);

– удаление избыточной части материала с тяжелой стороны ротора посредством сверления или шлифовки.

В некоторых случаях при выполнении балансировки к ротору крепится не один, а несколько уравнивающих рабочих грузов. Однако следует стремиться к тому, чтобы их количество было минимальным, так как увеличение числа грузов усложняет процесс их подбора. Третий этап балансировки начинают с выбора места установки рабочего уравнивающего груза. Место установки груза должно соответствовать требованиям безопасности, не нарушать нормальный режим работу оборудования и удовлетворять принятому способу крепления груза. После выбора места крепления рабочего уравнивающего груза определяют расстояние ($R_{p,y}$) от его центра массы до оси вращения ротора. Далее составляется расчетная схема уравнивания ротора (рис. 7.6) и рассчитывается масса рабочего уравнивающего груза ($m_{p,y}$). Величина рабочего уравнивающего груза определяется из условия, что создаваемая им центробежная сила по величине и направлению будет равна равнодействующей центробежных сил, возникающих от уравнивающего и корректирующего грузов. Из данного условия вытекает следующее расчетное выражение:

$$m_{p,y} = \sqrt{m_y^2 \left(\frac{R_y}{R_{p,y}} \right)^2 + m_k^2 \left(\frac{R_k}{R_{p,y}} \right)^2 + 2m_y m_k \frac{R_y R_k}{R_{p,y}^2} \cdot \cos \varphi}, \quad (8.22)$$

где φ – угол наклона между двумя прямыми, соединяющими центр вращения O (рис. 8.6) с центрами масс O' и O'' уравнивающего и корректирующего грузов.

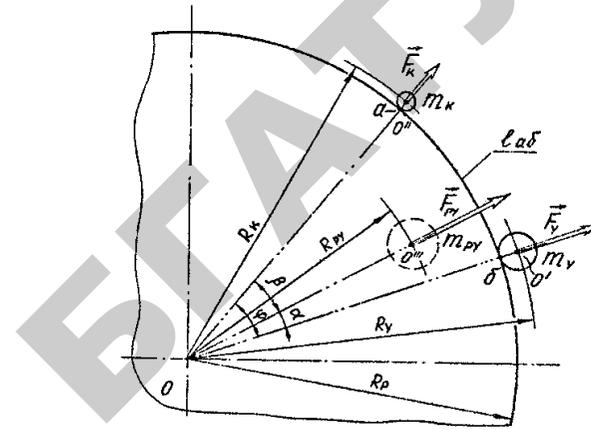


Рис. 8.6. Расчетная схема уравнивания ротора

Угол φ находят либо по расчетной схеме, которая при этом выполняется в масштабе, либо по длине дуги L_{ab} , заключенной между прямыми $O-O'$ и $O-O''$:

$$\varphi = 360 \cdot \frac{L_{ab}}{\pi D_p}, \quad (8.23)$$

где $D_p = 2R_p$ – диаметр ротора.

Для нахождения места расположения рабочего уравнивающего груза следует определить угол α между прямыми $O-O'$ и $O-O''$ или угол β между прямыми $O-O''$ и $O-O'''$. В данном случае прямая $O-O'''$ есть линия, проведенная через центр вращения O и центр массы O''' рабочего уравнивающего груза. Углы α и β находятся по формулам:

$$\alpha = \arccos \frac{m_y R_y + m_k R_k \cdot \cos \varphi}{m_{p,y} R_{p,y}}; \quad (8.24)$$

$$\beta = \arccos \frac{m_k R_k + m_y R_y \cdot \cos \varphi}{m_{p,y} R_{p,y}}. \quad (8.25)$$

Место расположения рабочего уравнивающего груза на роторе определяется по точке пересечения прямой $0-0'''$ и окружности, образованной вращением радиуса $R_{п.у}$ относительно центра вращения O . Центр массы рабочего уравнивающего груза должен совпадать с этой точкой.

Четвертой стадией балансировки является *установка и крепление рабочего уравнивающего груза*. Форма груза и способ его крепления к ротору определяются для каждого конкретного случая в отдельности. Если балансировка ротора осуществляется путем высверливания отверстия с его тяжелой стороны (рис. 7.7), то, зная массу удаляемого материала и диаметр сверла ($d_c = 2r_c$), можно рассчитать глубину (h) сверления:

$$h = \begin{cases} \frac{8m_{п.у}}{\pi g r_c^2}, & \text{если } -m_{п.у} \leq m_{к.о}; \\ \frac{m_{п.у} + 2m_{к.о}}{\pi g r_c^2}, & \text{если } -m_{п.у} > m_{к.о}, \end{cases} \quad (8.26)$$

где g – плотность (объемная масса) материала ротора.

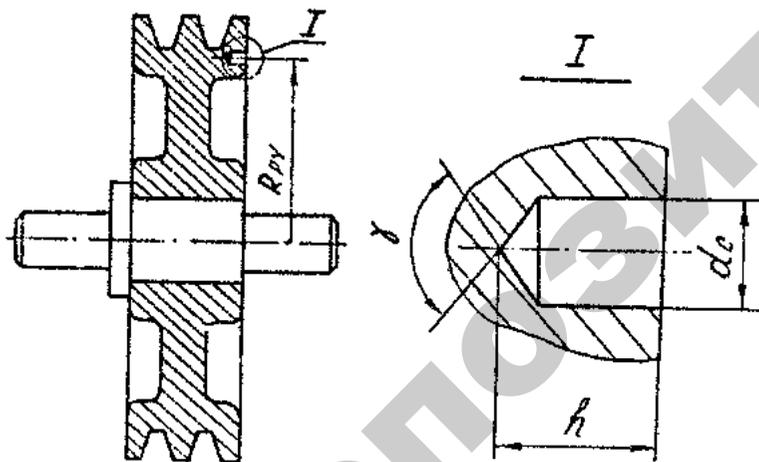


Рис. 8.7. Эскиз выполнения балансировочного отверстия

Массу материала, содержащуюся в конической части отверстия, определяют по формуле

$$m_{к.о} = \frac{1}{3} \pi r_c^3 \operatorname{ctg} \left(\frac{\gamma}{2} \right) g, \quad (8.27)$$

где γ – угол при вершине сверла, для стандартных сверл $\gamma = 120^\circ$.

В некоторых машинах для балансировки вращающихся частей в конструкции предусмотрено размещение на роторе двух одинаковых стационарных грузов, которые устанавливаются на одинаковом расстоянии от оси вращения и которые могут перемещаться по окружности.

Благодаря перемещению грузов изменяется угол между создаваемыми ими центробежными силами и таким образом регулируется величина равнодействующей уравнивающей силы. Угол (ψ) установки уравнивающих грузов определяют из условия равенства равнодействующей их центробежных сил и центробежной силы, создаваемой одним уравнивающим (рабочим) грузом:

$$\psi = 2 \arccos \frac{m_{п.у} R_{п.у}}{2m_o R_o}, \quad (8.28)$$

где m_o – масса (одного) уравнивающего груза;

R_o – радиус установки уравнивающего груза.

Величины m_o и R_o могут быть выбраны произвольно, однако должно выполняться соотношение

$$2m_o R_o \geq m_{п.у} R_{п.у}. \quad (8.29)$$

Последней стадией статической балансировки является *контроль качества уравнивания ротора*. Эта стадия выполняется следующим образом. Ротор после установки рабочего уравнивающего груза либо высверливания отверстия вновь помещается на балансировочное устройство. Правильно отбалансированный ротор должен пребывать в состоянии равновесия в любом положении.

Поворачивая ротор на различный угол, следует убедиться в том, что он не будет перекатываться по опорам из любого положения. Если данное требование выполняется, процесс статической балансировки считают законченным. В противном случае процесс балансировки повторяется.

Содержание отчета

1. Наименование и цель лабораторной работы.
2. Описание лабораторного стенда и методики выполнения статической балансировки.
3. Анализ промежуточных и конечных результатов операции статической балансировки.
4. Выводы по работе.

По собственному усмотрению студенты могут включить в отчет другие разделы, например: «Теоретические положения»; «Обзор конструкций устройств для статической балансировки» и т. д. В разделе «Анализ промежуточных и конечных результатов» необходимо привести следующие сведения:

- обоснование целесообразности и возможности статической балансировки ротора (формула (8.4));
- расчет величины контактных напряжений (формулы (8.13)–(8.15)) и сравнение их с величиной предельно-допустимых контактных напряжений;
- проверка достаточности ширины опорной поверхности ножей (формула (8.17));
- эскиз размещения уравнивающего груза при устранении явной неуравновешенности ротора (рис. 8.3);
- эскиз размещения пробных грузов и диаграмма зависимости веса пробного груза от положения ротора (рис. 8.4);
- расчет величины корректирующего груза (формула (8.18)); расчет чувствительности балансировочного устройства (формула (8.21));
- расчетная схема уравнивания ротора (рис. 8.5);
- расчет величины и координат размещения рабочего уравнивающего груза (формулы (8.22)–(8.25));
- расчет глубины сверления балансирующего отверстия (формулы (8.26)–(8.27)).

Выводы по работе должны быть краткими и содержательными.

Контрольные вопросы

1. Дайте определение понятиям: «статическая неуравновешенность ротора», «статический момент», «коэффициент статической неуравновешенности», «процесс (операция) статической балансировки», «плоскость коррекции», «уравнивающий груз», «корректирующий груз», «рабочий уравнивающий груз», «точность балансировки», «чувствительность балансировочного приспособления (станка)».
2. В чем заключается особенности грубой и точной статической балансировки?
3. Каким образом математически записывается условие достаточности статического уравнивания ротора?
4. Как записываются условия применения статической балансировки? Объясните, почему статическая балансировка может быть недостаточна для «длинных» ($L/D > 1$) и быстроходных ($n > 166,7 \text{ с}^{-1}$) роторов?
5. Какие требования предъявляются к линейным опорам балансировочных устройств? Как зависит ширина рабочей поверхности линейной опоры от веса ротора?
6. Опишите устройство балансировочного приспособления с линейными опорами и объясните принцип его действия.
7. Какие факторы ограничивают точность балансировки роторов на приспособлении с линейными опорами?
8. Сколько этапов включает операция статической балансировки? Поясните содержание и порядок выполнения отдельных этапов статической балансировки.

ОБКАТКА И ИСПЫТАНИЕ ДВИГАТЕЛЕЙ

Цель работы – закрепить теоретические знания и получить практические навыки по обкатке и испытанию отремонтированных двигателей на стационарном обкаточно-тормозном стенде.

Студент должен знать: назначение обкатки и испытания отремонтированных двигателей; устройство и принципы работы обкаточно-тормозного стенда; технологический процесс и режимы обкатки; параметры, контролируемые у двигателя при приемосдаточных испытаниях в соответствии с техническими условиями.

Студент должен уметь: провести обкатку и испытание двигателя на обкаточно-тормозном стенде; снять параметры и обработать результаты при контрольных испытаниях двигателя.

Задание для выполнения работы

1. Изучить технологию обкатки и испытания отремонтированных двигателей, устройство обкаточно-тормозного стенда и подготовить его к работе.
2. Провести обкатку и приемосдаточные испытания.

Оснащение рабочего места

1. Отремонтированный двигатель Д-245.3, КамАЗ-740 или ЯМЗ-238НБ.
2. Обкаточно-тормозной стенд КИ-5274.
3. Стробоскоп КИ-4941.
4. Комплект гаечных ключей И-153.
5. Ключ динамометрический.
6. Набор щупов № 6.

1. Помещение для испытания двигателей должны быть оборудовано необходимыми подъемно-транспортными механизмами и набором специальных схваток. Запрещается применять для подъема двигателей проволоку и тросы.

2. Все вращающиеся части стенда должны быть закрыты кожухом, а сами стенды заземлены.

3. Перед пуском стенда необходимо проверить надежность крепления двигателя, присоединение шлангов и трубопроводов.

4. Во время обкатки двигателей запрещается проводить регулировки на работающем двигателе.

5. Нагрузочный реостат испытательного стенда должен быть заполнен соответствующим электролитом до необходимого уровня и огражден.

6. Двигатели, поступившие на обкатку и снятые со стенда, следует устанавливать на специальные подставки.

7. Помещение для испытания двигателей должно быть оборудовано приточно-вытяжной вентиляцией, а стенд обеспечен индивидуальным каналом отвода отработавших газов.

Общие сведения

Обкатка необходима для обеспечения взаимной приработки трущихся поверхностей деталей двигателя. Приработка – это изменение геометрии поверхности трения и физико-механических свойств поверхностных слоев материала в начальный период трения. Под геометрией поверхности трения понимается совокупность показателей, характеризующих как шероховатость поверхности, образовавшуюся в процессе механической обработки, так и отклонения от правильной геометрической формы (овальность, конусность, бочкообразность, седлообразность, огранка). Под физико-механическими свойствами поверхности понимают такие характеристики, как твердость, структурное строение, наличие внутренних остаточных напряжений, коэффициент трения.

В результате приработки создается тот микрорельеф поверхности, который соответствует конкретным условиям работы сопряжения и который не может быть однозначно сформирован на стадиях

механической или упрочняющей обработки деталей. Поэтому приработка при обкатке может рассматриваться как управляемый процесс формирования приспособленности трущихся поверхностей к характеру действующих эксплуатационных нагрузок.

Процессом приработки управляют через совокупность факторов, приведенных на рис. 9.1.

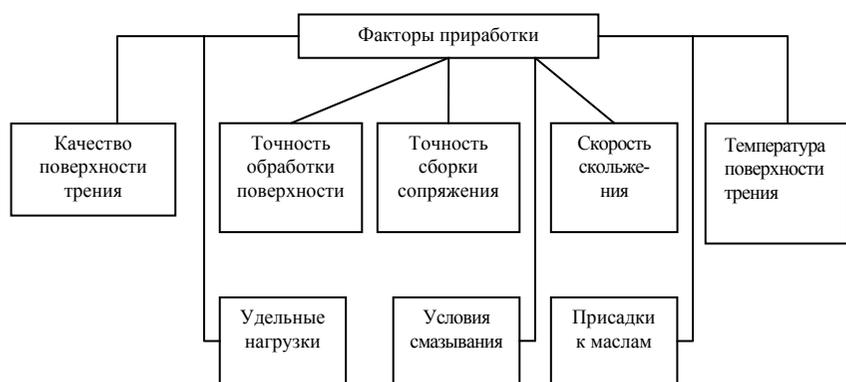


Рис. 9.1. Факторы процесса приработки сопряжений

Вопросы качества механической обработки и сборки двигателя являются актуальными, но их решение достигается на этапах технологического процесса, предшествующего приработке. Поэтому наибольшее значение приобретают процессы, управляемые в ходе приработки: скорость скольжения, удельные нагрузки, условия смазывания, температура поверхностей трения и присадки к маслам. В этой связи выбор рациональных скоростных и нагрузочных режимов приработки двигателей имеет существенное значение для формирования поверхностей трения деталей, обеспечивающих их должную износостойкость.

Приработку и испытания двигателей на ремонтных предприятиях проводят на обкаточно-тормозных стендах (рис. 9.2), включающих устройство для вращения двигателя в период холодной обкатки и для поглощения мощности двигателя балансирующей машиной 4 во время горячей обкатки и испытания, а также дополнительное оборудование, обеспечивающее обкатываемый двигатель топливом, охлаждающей жидкостью и смазкой.

Стенд состоит из асинхронной электрической машины, которая при холодной обкатке работает в режиме двигателя. Во время горячей обкатки электрическая машина работает в режиме генератора, отдавая ток в электрическую сеть. Эффективную мощность двигателя на стенде определяют путем измерения крутящего момента, развиваемого двигателем при определенной частоте вращения коленчатого вала. Для определения крутящего момента используют тормозное устройство. Для замера тормозного момента при обкатке двигателей используют весовой механизм. В условиях ремонтного производства стендовую обкатку двигателей разделяют на три стадии.

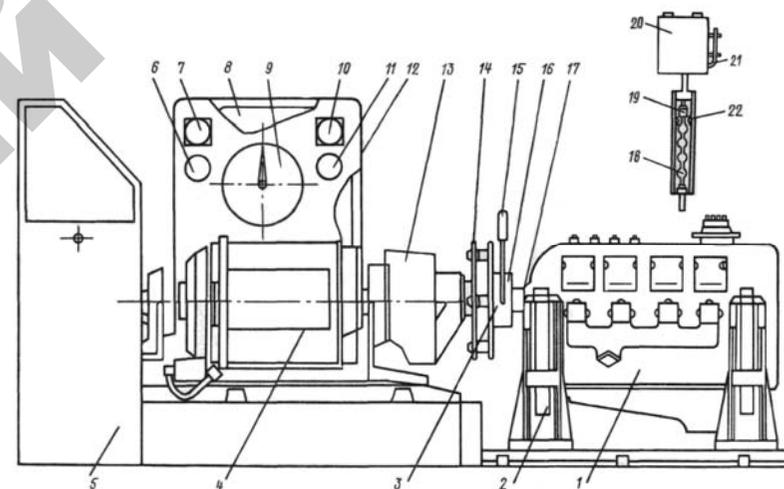


Рис. 9.2. Стенд для обкатки двигателей:

- 1 – двигатель, установленный для обкатки; 2 – станина для установки двигателя;
- 3 – сцепление, входящее в комплект стенда; 4 – балансирующая машина; 5 – реостат;
- 6 – указатель температуры масла; 7 – тахометр; 8 – весовой механизм;
- 9 – указатель нагрузки на валу двигателя; 10 – давление в масляной системе двигателя;
- 11 – указатель температуры в системе охлаждения двигателя;
- 12 – корпус весового механизма; 13 – редуктор; 14 – маховик; 15 – рукоятка выключения муфты сцепления;
- 17 – вал привода коленчатого вала; 18 – замер расхода дизельного топлива; 19 – электромагнитный клапан; 20 – мерный бачок дизельного топлива; 21 – трубка уровня топлива; 22 – фотодиод

Холодную обкатку проводят, когда коленчатый вал двигателя прокручивается на режимах, приведенных в табл. 9.1, электродвигателем обкаточно-тормозного стенда. В процессе обкатки поддерживают следующие условия: давление масла в магистрали не менее 0,15 МПа (1,5 кгс/см²); температура воды на выходе из дизеля 60–75 °С. Подтекание и каплеобразование топлива, масла и воды в местах соединения трубопроводов и плоскостей стыков соединяемых деталей не допускается. В случае появления посторонних стуков и шумов в двигателе обкатку прекращают и устраняют неисправность. После завершения холодной обкатки проверяют правильность установки угла подачи топлива (для дизелей), зазоров в клапанах.

Таблица 9.1

Режимы холодной обкатки дизелей			
Двигатель	Этап обкатки	Режим обкатки	
		частота вращения коленчатого вала, мин ⁻¹	продолжительность обкатки, мин
КамАЗ 740	1-й	600	10
	2-й	800	10
	3-й	1000	5
	4-й	1200	10
	5-й	1400	5
Д 245.3	1-й	500–600	10
	2-й	700–800	10
	3-й	900–950	10
			Итого: 30
ЯМЗ 238 НБ	1-й	800	5
	2-й	1200	10
	3-й	1400	5
			Итого: 20

Горячая обкатка без нагрузки (на холостом ходу) выполняется после пуска двигателя, при этом двигатель не нагружается тормозным устройством стенда. Режимы обкатки приведены в табл. 9.2.

После окончания обкатки проверяют затяжку крепления головки цилиндров дизеля.

Таблица 9.2

Режимы обкатки двигателей на холостом ходу				
Двигатель	Этап обкатки	Режим обкатки		
		частота вращения, мин ⁻¹	продолжительность обкатки, мин	давление масла, МПа (кгс/см ²)
КамАЗ 740	1-й	1400	10	0,3...0,4 (3...4)
Д 245.3	1-й	1000	5	не менее 0,2 (2,0)
	2-й	плавно 1400–	10	
	3-й	1800	5	
		900–950	Итого: 20	
ЯМЗ 238 НБ	1-й	1500	15	0,45–0,65 (4,5...6,5)
	2-й	1700	15	
			Итого: 30	

Горячую обкатку под нагрузкой проводят методом торможения работающего двигателя тормозным устройством стенда на режимах, представленных в табл. 9.3. Рычаг управления подачей топлива закрепляется в положении, соответствующем максимальной подаче.

Таблица 9.3

Режимы обкатки двигателей под нагрузкой

Двигатель	Этап обкатки	Режим обкатки			
		частота вращения, мин ⁻¹	крутящий момент, Н·м (кгс·м)	продолжительность обкатки, мин	давление масла, МПа (кгс/см ²)
КамАЗ 740	1-й	1600	132 (13)	10	0,4–0,55 (4–5,5)
	2-й	1800	194 (20)	10	
	3-й	2000	316 (32)	10	
	4-й	2200	383 (38)	10	
	5-й	2400	438 (44)	5	
	6-й	2600	486 (49)	5	
Д 245.3	1-й	1600	50 (5)	10	0,25–0,35 (2,5–3,5)
	2-й	1800	80 (8)	5	
	3-й	2000	120 (12)	5	
	4-й	2200	320 (32)	10	
ЯМЗ 238 НБ	1-й	1100	300 (30)	20	0,45–0,65 (4,5...6,5)
	2-й	1300	360 (36)	20	
	3-й	1500	610 (61)	20	
	4-й	1700	750 (75)	20	

В процессе обкатки значительно возрастают удельные давления на трущиеся поверхности, происходит интенсивное тепловыделение. Поэтому необходимо следить, чтобы тепловой режим двигателя (температура масла и воды) не превышал допустимых значений. Давление масла в системе под нагрузкой должно быть в пределах 0,2–0,5 МПа (2–5 кгс/см²). Температура охлаждающей воды и масла в смазочной системе следует поддерживать в пределах 80–95 °С. Загрузку двигателя контролируют по показаниям весового механизма стенда. После обкатки проверяют частоту вращения коленчатого вала при минимально устойчивой и максимальной частоте вращения холостого хода.

Один из методов повышения качества приработки (см. рис. 8.1) восстановленных деталей автотракторных двигателей – введение в моторное масло специальных присадок, активные компоненты которых обладают свойством адгезии к трущимся поверхностям

деталей и образования модифицированных (измененных) граничных пленок, либо непосредственно изменяют свойства существующих пленок или приповерхностного слоя смазочного материала.

После окончания обкатки двигатель подвергают приемо-сдаточным испытаниям с целью определения мощностных и экономических показателей и оценки его технического состояния в соответствии с требованиями нормативной документации.

Порядок выполнения работы

Процесс обкатки и испытания приведен на примере дизеля Д-245.3 (КамАЗ 740, ЯМЗ 238 НБ).

Дизель, поступающий на обкатку и испытание, должен быть собран и отрегулирован в соответствии с требованиями ГОСТ 18523. Обкатку и испытание двигателя проводят без вентилятора, гидронасоса, жидкостного и масляного радиаторов, при нормальном уровне масла в картере двигателя и корпусе регулятора топливного насоса.

Подготовка двигателя к обкатке. Ее осуществляют следующим образом:

- проворачивают коленчатый вал двигателя при моменте 60–80 Н·м (вал должен проворачиваться свободно без заеданий);
- проверяют и при необходимости, регулируют зазоры в клапанах. На холодном двигателе зазоры должны быть: впускных клапанов – 0,25–0,3 мм, а выпускных – 0,4–0,45 мм (порядок работы цилиндров: 1–3–4–2);
- проверяют и, если необходимо, регулируют угол опережения впрыскивания топлива.

Номинальный установочный угол опережения впрыскивания топлива составляет 19±1° до ВМТ.

Холодная обкатка. Ее проводят в течение 30 мин на режимах, указанных в табл. 8.1. Обкатка дизеля при снятых форсунках не допускается.

Горячая обкатка без нагрузки. Пуск двигателя осуществляется электродвигателем обкаточно-тормозного стенда при частоте вращения 500–750 мин⁻¹.

Горячую обкатку без нагрузки приводят по режимам, приведенным в табл. 8.2. Давление масла в магистрали должно быть в пределах

0,25–0,35 МПа при температуре охлаждающей жидкости на выходе в пределах 60–90 °С. По окончании горячей обкатки без нагрузки подтягивают болты крепления головки блока цилиндров моментом 190–210 Н·м.

Горячая обкатка под нагрузкой. Пуск двигателя осуществляется электродвигателем обкаточно-тормозного стенда. Обкатку под нагрузкой проводят по режимам, приведенным в табл. 8.3, при положении рычага регулятора, соответствующем полной подаче топлива. В процессе обкатки необходимо контролировать показания давления масла в системе смазки, которое на прогревом до 75–95 °С двигателе должно быть 0,15–0,35 МПа при номинальной частоте вращения и не менее 0,08 МПа – при минимальной частоте вращения.

В процессе обкатки не допускаются:

- подтекание и каплеобразование масла, охлаждающей жидкости и дизельного топлива через прокладки и резьбовые соединения коллектора;
- выход газов из-под фланцев выпускного коллектора и через прокладку головки цилиндров;
- посторонние стуки и шумы в механизмах дизеля.

В конце обкатки двигателя максимальная частота вращения должна быть не более 2600 мин⁻¹, а минимальная – не более 800 мин⁻¹. Обнаруженные в процессе обкатки неисправности двигателя должны быть устранены.

Приемо-сдаточные испытания. При приемо-сдаточных испытаниях определяют номинальную мощность двигателя, удельный расход топлива, максимальную и минимальную частоту вращения холостого хода, давление масла при номинальной частоте вращения и оценивают их соответствие техническим требованиям.

Испытания проводят на летнем дизельном топливе марки Л (ГОСТ 305-82) и моторном масле М-10Г₂ или М-10В₂ в такой последовательности:

- прогревают дизель до нормального теплового состояния;
- измеряют максимальную частоту вращения холостого хода;
- определяют мощность и расход топлива;
- измеряют давление масла при номинальной частоте вращения коленчатого вала.

Тепловой режим дизелей во время испытаний контролируют по изменению температуры охлаждающей жидкости на выходе из ди-

зеля и температуры масла в поддоне. Она должна поддерживаться в пределах 90±5 °С, а температура топлива на входе в топливной насос – 18–50 °С. Давление масла в главной масляной магистрали должно быть в пределах 0,2–0,3 МПа (2–3 кгс/см²).

Нагружение дизеля при определении номинальной мощности и часового расхода топлива осуществляют, увеличивая нагрузку от холостого хода до максимальной при положении рычага регулятора, обеспечивающем максимальную подачу топлива.

Основные показатели дизеля Д-245.3 при приемо-сдаточных испытаниях:

- мощность при номинальной частоте вращения – не менее 77,2 (105) кВт (л.с.);
 - мощность эксплуатационная – 73,6 (100) кВт (л.с.);
 - частота вращения номинальная – 2200 мин⁻¹;
 - на холостом ходу:
 - максимальная – не более 2380 мин;
 - минимально устойчивая – не более 700 мин;
 - давление масла в главной магистрали при номинальной мощности – 0,2–0,3 МПа;
 - удельный расход топлива, г (кВт·ч), не более:
 - при номинальной мощности – 220;
 - на режиме эксплуатационной мощности – 229;
- Максимальную частоту вращения определяют при работе дизеля без нагрузки путем плавного увеличения частоты от номинального до максимального значений.

Минимальную устойчивую частоту вращения холостого хода определяют, последовательно уменьшая подачу топлива до появления колебаний частоты вращения, составляющих ±5 % измеряемой величины.

Продолжительность работы дизеля на номинальной мощности не должна превышать 5 мин, после чего необходимо разгрузить дизель и дать поработать с малой мощностью не менее 5 мин. Затем продолжают испытания дизеля на полной подаче топлива в течение следующих 5 мин.

Измерения частоты вращения коленчатого вала и часового расхода топлива проводят на установившемся режиме работы двигателя не раньше, чем через 1–2 мин после выхода на режим.

Количество измерений – не менее трех с интервалом между измерениями 1–1,5 мин.

Номинальная мощность дизеля и удельный расход топлива при стандартных атмосферных условиях согласно ГОСТ 18509-88 (температура окружающего воздуха – 20 °С, барометрическое давление – 1013 гПа или 760 мм рт. ст., температура топлива на входе в топливный насос – 20 °С) должны соответствовать данным, приведенным выше.

Результаты испытаний заносят в паспорт дизеля и журнал испытаний.

Дизель считают не выдержавшим испытания и он подлежит повторному ремонту, если мощность и удельный расход топлива (с учетом поправок на стандартные условия испытаний), а также частота вращения и давление масла хотя бы по одному параметру не соответствуют нормативным требованиям.

Обработка результатов испытаний

Эффективная мощность двигателя, кВт, определяется по формуле

$$Ne = \frac{M_k n}{9550}, \quad (9.1)$$

где M_k – крутящий момент (показания шкалы тормозного механизма стенда, Н·м;

n – частота вращения коленчатого вала двигателя, мин⁻¹.

Часовой расход топлива, кг/ч (г/с):

$$\sigma_T = 3,6 \frac{Q_T}{t}, \quad (9.2)$$

где Q_T – контрольная масса топлива, израсходованная дизелем за время замера, г;

t – время, в течение которого израсходована контрольная масса топлива, с.

Удельный расход топлива, г/(кВт·ч), рассчитывают по формуле:

$$g = \frac{1000\sigma_T}{Ne}, \quad (9.3)$$

где σ_T – расход топлива, кг/ч;

Ne – эффективная мощность, кВт.

Содержание отчета

1. Название и цель лабораторной работы.
2. Описание порядка подготовки и работы обкаточно-тормозного стенда.
3. Результаты испытаний двигателя оформляют в виде табл. 9.4.

Таблица 9.4

Результаты испытаний двигателя					
Марка двигателя	Частота вращения коленчатого вала, мин ⁻¹		Мощность при номинальной частоте вращения, кВт	Расход топлива при номинальной мощности, г/кВт	
	Номинальная	на холостом ходу		удельный	часовой
		min			

4. Выводы о техническом состоянии двигателя по результатам испытаний.

Контрольные вопросы

1. Каково назначение обкатки двигателя после ремонта?
2. Изложите устройство и принцип работы обкаточно-тормозного стенда.
3. Перечислите стадии обкатки двигателя, поясните их сущность и назначение.
4. Какими методами повышают качество приработки деталей двигателя?
5. Какие показатели двигателя определяют при приемо-сдаточных испытаниях?

ЛИТЕРАТУРА

1. *Пучин, Е. А.* Технология ремонта машин / Е. А. Пучин, В. С. Новиков, Н. А. Очковский; под ред. Е. А. Пучина. – Москва : КолосС, 2007. – 488 с.
2. Техническое обслуживание и ремонт машин в сельском хозяйстве : учеб. пособие / В. И. Черноиванов [и др.]; под ред. В. И. Черноиванова. – Москва-Челябинск : ГОСНИТИ, ЧГАУ, 2003. – 992 с.
3. *Пучин, Е. А.* Практикум по ремонту машин / Е. А. Пучин, В. С. Новиков, Н. А. Очковский; под ред. Е. А. Пучина. – Москва : КолосС, 2009. – 327 с.
4. *Кривенко, П. М.* Ремонт дизелей сельскохозяйственного назначения / П. М. Кривенко, И. М. Федосов, В. Н. Аверьянов. – Москва : Агропромиздат, 1990. – 271 с.
5. Ремонт машин. Курсовое и дипломное проектирование : учеб. пособие / под. общ. ред. В. П. Миклуша. – Минск : БГАТУ, 2004. – 490 с.
6. Восстановление деталей машин : справочник / Ф. И. Пантеленко [и др.]; под ред. В. П. Иванова. – Москва : Машиностроение, 2003. – 672 с.
7. *Молодых, Н. В.* Восстановление деталей машин : справочник / Н. В. Молодых, А. С. Зенкин. – Москва : Машиностроение, 1989. – 480 с.
8. *Хитрюк, В. А.* Справочник по ремонту автотракторных двигателей / В. А. Хитрюк, Л. Ф. Баранов. – Минск : Ураджай, 1992. – 240 с.
9. *Пучин, Е. А.* Технический сервис дизельной топливной аппаратуры / Е. А. Пучин, О. Н. Дидманидзе, В. М. Корнеев. – Москва : Триада, 2003. – 108 с.
10. Краткий справочник металлиста / под. общ. ред. П. Н. Орлова, Е. А. Скороходова. – 3-е изд. – Москва : Машиностроение, 1986. – 960 с.

ДЛЯ ЗАМЕТОК

ДЛЯ ЗАМЕТОК

РЕПОЗИТОРИЙ БГАТУ

Учебное издание

РЕМОНТ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ.
ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ПРОЦЕСС РЕМОНТА

Практикум

Составители:

Анискович Геннадий Иосифович,
Дроздов Петр Анатольевич,
Кураш Вячеслав Владимирович и др.

Ответственный за выпуск Г. Ф. Анискович
Редактор Н. А. Антипович
Компьютерная верстка А. И. Стебули

Подписано в печать 13.07.2012 г. Формат 60×84¹/₁₆. Бумага офсетная.
Ризография. Усл. печ. л. 10,93. Уч.-изд. л. 8,54. Тираж 100 экз. Заказ 674.

Издатель и полиграфическое исполнение: учреждение образования
«Белорусский государственный аграрный
технический университет».
ЛИ № 02330/0552984 от 14.04.2010.
ЛП № 02330/0552743 от 02.02.2010.
Пр. Независимости, 99–2, 220023, Минск.