

Агентство по сельскому хозяйству Российской Федерации  
ФГОУ ВПО Ставропольский государственный аграрный университет

---

Учебники и учебные пособия  
для студентов высших учебных заведений

---

# **ТЕХНОЛОГИЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ДЕТАЛЕЙ И СБОРОЧНЫХ ЕДИНИЦ ПРИ РЕМОНТЕ МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ**

*Лабораторный практикум*

Часть I

---

## **ТЕХНОЛОГИЯ РЕМОНТА ОСНОВНЫХ СИСТЕМ, СБОРОЧНЫХ ЕДИНИЦ, МАШИН, ОБОРУДОВАНИЯ И ДЕТАЛЕЙ**

Допущено Учебно-методическим объединением вузов  
по агроинженерному образованию в качестве учебного пособия  
для студентов высших учебных заведений, обучающихся  
по специальностям 110301.65 – Механизация сельского хозяйства,  
190603.65 – Сервис транспортных машин и оборудования  
в агропромышленном комплексе и подготовки по направлению  
110800 – «Агроинженерия»

Ставрополь  
«АГРУС»  
2010

УДК 631.3.004.67(075.8)  
ББК 30.83  
Т38

**Авторский коллектив:**

*А. Т. Лебедев, А. В. Петров, Е. М. Зубрилина, Н. Ю. Землянушина,  
Н. П. Доронина, Ю. И. Жевора, А. В. Захарин*

**Рецензенты:**

доктор технических наук, профессор,  
заведующий кафедрой «Производство и ремонт автомобилей  
и дорожных машин» МАДИ (ГТУ)  
*В. А. Зорин;*  
доктор технических наук, профессор,  
заведующий кафедрой «Надежность и ремонт машин» ОрелГАУ  
*В. Н. Хромов;*  
доктор технических наук, профессор,  
заведующий кафедрой «Ремонт машин» КубГАУ  
*М. И. Юдин*

**Технология** восстановления работоспособности деталей и сборных единиц при ремонте машин и оборудования : лабораторный практикум. Ч. 1. Технология ремонта основных систем, сборочных единиц, машин, оборудования и деталей / А. Т. Лебедев, А. В. Петров, Е. М. Зубрилина и др. ; под ред. А. Т. Лебедева ; Ставропольский государственный аграрный университет. – Ставрополь : АГРУС, 2010. – 244 с.

ISBN

Приведены данные для проведения лабораторных работ по очистке, дефектации, балансировке и комплектованию деталей, сборке и обкатке двигателя.

Для студентов специальности 110301.65 – Механизация сельского хозяйства по направлению 110800 – Агринженерия и специальности 190603.65 – Сервис транспортных машин и оборудования в агропромышленном комплексе.

УДК 631.3.004.67(075.8)  
ББК30.83

ISBN

© Авторский коллектив, 2010  
© ФГОУ ВПО Ставропольский государственный аграрный университет, 2010

**ОГЛАВЛЕНИЕ**

Введение	4
Техника Безопасности	5
Очистка деталей и сборочных единиц двигателя	Лабораторная работа № 1
Контрольные вопросы	7
Лабораторная работа № 2	23
Ч. 1. Дефектация, исследование износов и дефектоскопия скрытых дефектов в деталях машин.	24
Контрольные вопросы	38
Ч. 2. Дефектоскопия скрытых дефектов в деталях машин.	39
Контрольные вопросы	55
Лабораторная работа № 3	56
Расточка и хонингование гильз цилиндров двигателя	Ч. 1. Расточка цилиндра двигателя
Контрольные вопросы	63
Ч. 2. Хонингование гильз цилиндров блока	Контрольные вопросы
Лабораторная работа № 4	72
Комплектование и сборка шатунно-поршневой группы	Контрольные вопросы
Лабораторная работа № 5	73
Лабораторная работа № 6	83
Расточка гнезд коренных подшипников коленчатого вала и гнезд втулок распределительного вала в блоке цилиндров, укладка коленчатого вала в блок	Ч. 1. Расточка гнезд коренных подшипников коленчатого вала и втулок распределительного вала блока цилиндров
Контрольные вопросы	84
Ч. 2. Установка коренных вкладышей и коленчатого вала дизельного двигателя в блок.	Контрольные вопросы
Лабораторная работа № 7	96
Лабораторная работа № 8	104
Восстановление деталей системы газораспределения	Контрольные вопросы
Лабораторная работа № 9	105
Лабораторная работа № 10	118
Ремонт агрегатов системы смазки двигателя и гидравлической системы	Ч. 1. Ремонт агрегатов гидравлической системы сельскохозяйственной техники
Контрольные вопросы	119
Ч. 2. Ремонт агрегатов смазывающей системы автотракторных двигателей	Контрольные вопросы
Лабораторная работа № 11	130
Лабораторная работа № 12	131
Лабораторная работа № 13	141
Ремонт и испытание узлов системы зажигания, автографторных стартеров и генераторов переменного тока, реле-регуляторов	Ч. 1. Ремонт автографторных стартеров.
Контрольные вопросы	142
Ч. 2. Ремонт генераторов переменного тока, реле-регуляторов	Контрольные вопросы
Лабораторная работа № 14	154
Лабораторная работа № 15	155
Лабораторная работа № 16	174
Лабораторная работа № 17	175
Лабораторная работа № 18	188
Лабораторная работа № 19	189
Лабораторная работа № 20	204
Лабораторная работа № 21	205
Лабораторная работа № 22	220
Лабораторная работа № 23	221
Лабораторная работа № 24	234
Лабораторная работа № 25	235
Лабораторная работа № 26	236

В практикуме представлены основные лабораторные работы по изучению, освоению и проведению технологических процессов ремонта основных систем, механизмов и деталей машин и оборудования: очистка агрегатов и деталей, дефектация и дефектоскопия деталей, комплектование и сборка шатунно-поршневой группы, ремонт агрегатов гидросистем и систем смазки, ремонт электрооборудования, балансировка деталей, сборка, обкатка и испытание двигателей.

Перед началом выполнения работ необходимо изучить правила техники безопасности.

По каждой работе в практикуме представлена цель работы, оснащение рабочего места, теоретические основы и основные положения процесса ремонта, устройство и работа основного оборудования и приборов, порядок выполнения работы, контрольные вопросы, справочные материалы, с которыми студенты должны внимательно ознакомиться перед выполнением работы.

Кроме настоящего практикума для углубления знания студентом на рабочих местах представлены схемы и описания сложного специализированного оборудования и справочные материалы.

Выполнение лабораторных работ осуществляется под контролем преподавателей. По каждой лабораторной работе студент представляет отчет, который после окончания цикла оформляется в виде журнала. Перечень исходной информации в отчетах определяется для каждой лабораторной работы согласно методическим указаниям. Правила оформления отчетов, схем, рисунков и формул осуществляются в соответствии с требованиями к текстовым документам.

При выполнении исследовательских работ производится оценка результатов методами планирования эксперимента и математической статистики с использованием пакета стандартных программ, разработанных сотрудниками кафедры.

По качеству выполнения и результатам, полученным при выполнении лабораторных работ, степени усвоения материала и личному участию студентов в каждой работе, а также по результатам защиты работ, преподаватель делает заключение о возможности досрочной аттестации по текущей успеваемости.

1. Перед началом работы привести в порядок одежду, застегнуть обшлаги рукавов, убрать концы галстука, косынки или платка, заправить одежду так, чтобы не было развевающихся концов, убрать волосы под плотно облегающей головной убор.
2. Не получив разрешения преподавателя, станок не включать.
3. Перед каждым включением станка убедиться, что пуск его никому не угрожает, что деталь и привод хорошо закреплены.
4. При выполнении работы нужно быть внимательным, не отвлекаться посторонними делами и разговорами и не отвлекать других.
5. Проверить отсутствие заеданий при проворачивании деталей и привода.
6. Не останавливать шпиндель после выключения станка нажатием руки.
7. Не одеваться и не раздеваться у рабочего станка.
8. Обязательно остановить станок и повернуть ручку пакетника в положение «выключено» при:
  - уходе от станка даже на короткое время;
  - временном прекращении работы;
  - перерыве в подаче электроэнергии;
  - смазывании, уборке и очистке станка;
  - обнаружении неисправности в оборудовании.
9. При использовании подъемно-транспортных средств необходимо убедиться в их исправности, ознакомить и строго соблюдать правила подъема и опускания грузов. Нельзя стоять под грузом или в зоне его возможного падения.
10. При работе на металлообрабатывающих станках нельзя клонять голову или выполнять операции руками близко к вращающимся частям. При работе на станках, где летит пыль или стружка, необходимо устанавливать защитные экраны или надевать очки.
11. Приступать к работе на оборудовании допускается только после его изучения и хорошего усвоения назначения и

## ОЧИСТКА ДЕТАЛЕЙ И СБОРОЧНЫХ ЕДИНИЦ ДВИГАТЕЛЯ

### *Цель работы:*

1. Ознакомиться с методами очистки двигателя и его деталей от загрязнений, оборудованием и моющими средствами.
2. Изучить способы контроля и корректировки мощных распылителей и метод оценки качества очистки изделий от загрязнений.
3. Приобрести практические навыки по технологии очистки деталей, исследованию влияния некоторых технологических факторов на качество очистки поверхностей двигателя и его составляющих.

**Оборудование, инструменты, приспособления:** поточная линия очистки деталей и сборочных единиц двигателя (схема); установка для очистки деталей косточковой крошкой (схема); ультразвуковая моечная установка; ванны с холодной и горячей водой; моющие средства – в виде порошков («Лабомид-101», «Лабомид-203», МС-6, МС-8, каустическая сода NaOH (ГОСТ 2263-99); в газовом виде – препараты-концентраты: АМ-15, эмульсин, «Ритм», дизтопливо); объекты исследования (образцы – стальные пластины (70x35x2 мм) и диски (диаметром 35 мм, шириной 12 мм) из стали Ст3 ГОСТ 380-94, Ra 1,25); емкости с модельными загрязнениями, моделирующие (асфальтосмолистые отложения (отработанное моторное масло М10Г2 – 36 %, кварцевая пыль (ГОСТ 8.002-96) – 56 % и битум БНД 90/130 (ГОСТ 22245-90); отработанное моторное масло ЗМА-1; отработанное трансмиссионное масло – ЗМА-2; солидол (ГОСТ 4366-96) – ЗМС-3; ареометр; термометр с заданной температурой контактирования, прямой, типа ТНК (ГОСТ 9871-95); термометр лабораторный 0-100 °С; выпрямитель ВСА-5К; весы аналитические АДВ-200; штангенциркуль ШЦ-1 -125-0,1 ГОСТ 166-80; кисти акварельные; секундомер; сушилльный шкаф с терморегулятором; наждачная бумага; салфетки бумажные; плита электрическая; стаканы химические из термостойкого стекла; стеклянные палочки; пипетки; ветошь; индивиду-

- принципа действия всех частей. При работе учитывать состояние оборудования, показания контрольных приборов.
12. При работе с электрооборудованием, работающем под напряжением 220-380В, необходимо иметь под ногами резиновые коврики, применять резиновые перчатки.
  13. Все приводные и соединительные устройства вращающихся деталей должны быть надежно ограждены металлическими защитными кожухами.
  14. Запрещается пользоваться открытым огнем, а также курить в лабораториях кафедр.
  15. Во время работы станков запрещается находиться в зоне соединительных муфт и напротив вращающихся частей.
  16. При работе с мощными средствами необходимо применять индивидуальные средства защиты: очки, перчатки, прорезиненный фартук, при необходимости – респиратор. Работы с мощными средствами, растворителями и растворяющими эмульгирующими средствами следует проводить только при наличии работающих вентиляционных средств.
  17. По окончании работы привести в порядок рабочее место: очистить станок, стенд, верстак и др., убрать и сложить инструменты, приспособления и детали в отдельное место.
  18. Сварочное оборудование и станок должны быть надежно заземлены. У работающего за станком под ногами должен быть резиновый коврик.
  19. Запрещается касаться руками токоведущих частей.

альные средства защиты (прорезиненный фартук, резиновые перчатки, очки).

### Общие положения

Очистка машин, сборочных единиц – составная часть технологического процесса ремонта машин.

Проблема интенсификации технологического процесса очистки и мойки деталей сельскохозяйственных машин и присущих им специфических загрязнений имеет большое значение.

Совершенство процесса очистки деталей прямо влияет на надежность отремонтированных машин, производительность труда рабочих, качество ремонта, общую экономическую эффективность и культуру производства.

При ремонте машин с поверхностей деталей удаляются:

- дорожно-почвенные отложения;
- масла и смазки;
- асфальтосмолистые отложения (мазеподобные ступки, откладывающиеся на стенках картеров, щекх коленчатых валов, распределительных шестернях, масляных насосах, фильтрах и маслопроводах);
- лакокрасочные покрытия;
- лаковые отложения (пленки, образующиеся в зоне поршневых колец, на юбке и внутренних стенках поршней);
- нагары (характерные места отложения нагара (рис. 1.1);
- накипь (характерные места отложения накипи (рис. 1.2);
- продукты коррозии;
- масляно-грязевые отложения (наружная поверхность двигателя);
- технологические загрязнения (стружка, абразив, шлаки, окалина, пыль, продукты износа при обкатке, притирочные пасти и др.).

Классификация способов очистки и мойки двигателя и его узлов и деталей приведена на рисунке 1.3.

Выбор способа очистки деталей зависит от вида загрязнений, конструкции материала деталей, объема производства, специализации и других факторов.

При выборе способа очистки необходимо исходить из возможности получения наибольшей экономической эффективности, рациональной технологии и необходимого качества очистки.

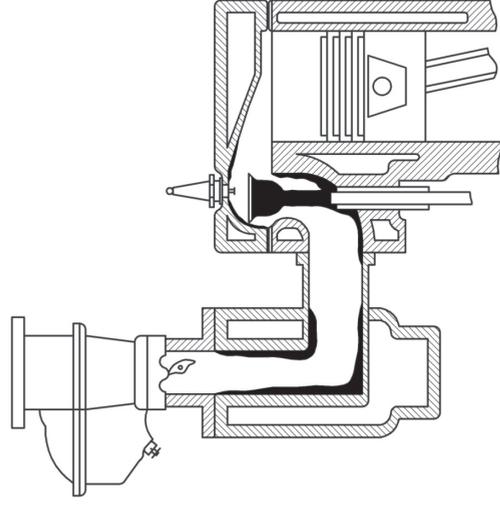


Рисунок 1.1 – Характерные места отложений нагара в карбюраторном двигателе (выделены черным цветом)

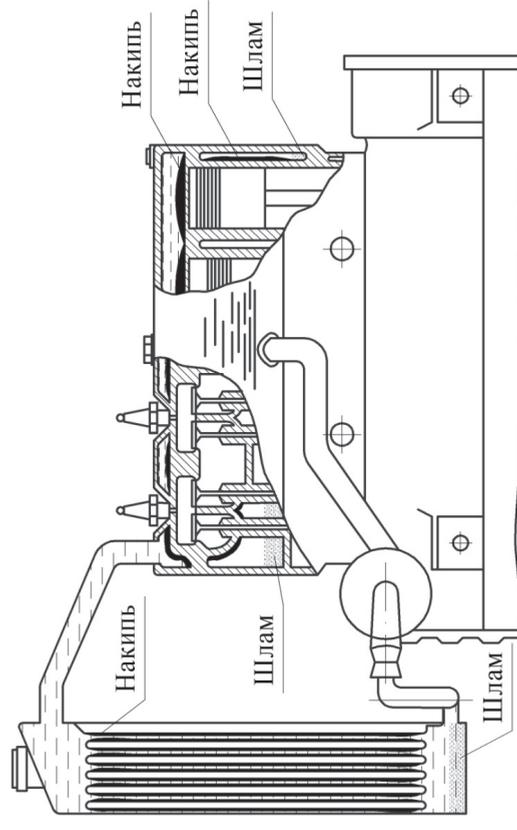


Рисунок 1.2 – Характерные места отложений накипи и скопления шлама в системе охлаждения двигателя

### Физико-химические основы моющего действия растворов

Моющее действие состоит в удалении жидких и твердых загрязнений с поверхностей и переводе их в моющий раствор в виде растворов или дисперсий. Основными явлениями, определяющими моющее действие, являются смачивание, эмульгирование, диспергирование, пенообразование и стабилизация.

В основе этих свойств моющих составов лежит явление процесса адсорбции, который концентрирует или скапливает молекулы моющей среды на поверхности загрязнений. Чем выше адсорбционная способность моющего состава, тем выше его качество и, прежде всего, смачиваемость.

Процесс очистки деталей начинается со смачивания загрязненной моющим раствором. Смачивающая способность составов зависит от поверхностного натяжения моющей жидкости. 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 поверхностно-активные вещества (ПАВ), то значительно повышается эффективность мойки.

ПАВ ослабляют адсорбционные силы, связывающие металл с масляной пленкой. Кроме того, они способствуют диспергированию (измельчению) маслянистых капель, т. е. облегчают переход частичек масла в раствор.

В процессе мойки деталей образуется эмульсия, представляющая собой смеси мелкодисперсных частиц масла и моющего раствора. Для того чтобы частицы масла повторно не осаждались на деталях, в раствор добавляют эмульгаторы: жидкое стекло  $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{SiO}_2$  или хозяйственное мыло, тринатрийфосфат  $\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ . Эмульгаторы, молекулы которых адсорбируются на поверхности капелек жидкой фазы, препятствуют слипанию и выпадению из них моющего раствора.

Способность моющих составов удерживать в течение определенного времени частицы загрязнений во взвешенном состоянии, называется стабилизирующей способностью состава.

В процессе очистки деталей моющий состав загрязняется. С целью очистки моющих составов в них добавляется пенообразую-

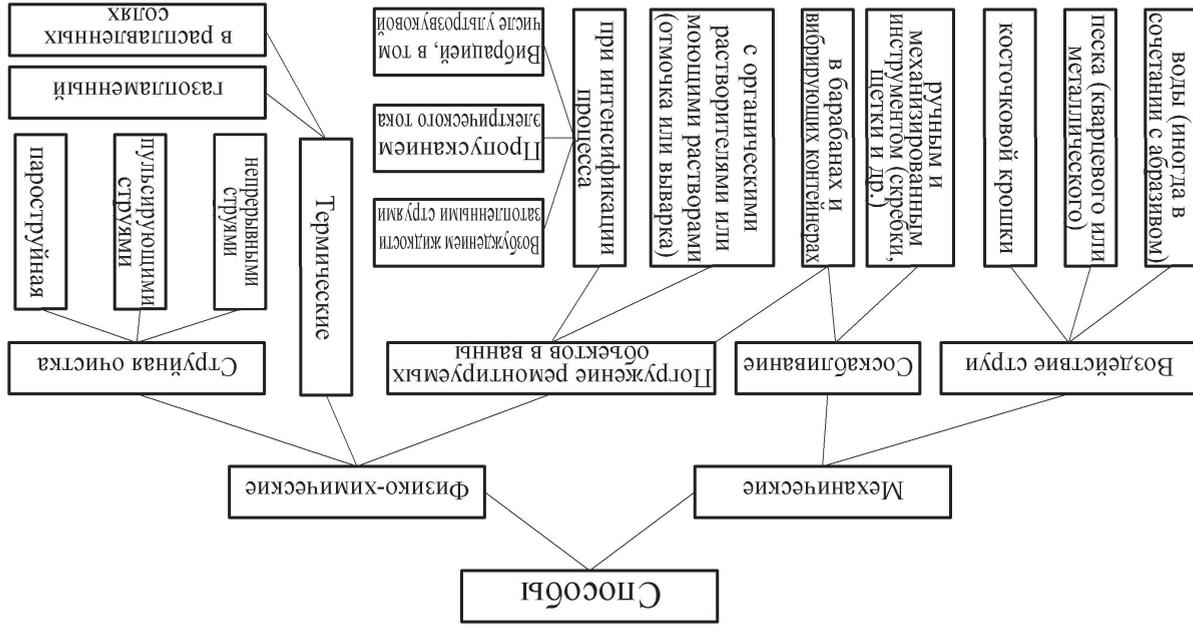


Рисунок 1.3 – Классификация способов очистки сборочных единиц и деталей

щие ПАВ. Пена всплывает на поверхность моющих составов, уносятся прилипшие частицы загрязнений. Удаление пены производится периодически путем продува воздухом, паром, подъема уровня жидкости в ванне или другими способами.

Расмотренный механизм очистки деталей 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 обработку растворами кислот и в растворе солей. От накипи детали очищают в растворе соляной кислоты с концентрацией 5–10 %, в который добавляют ингибиторы (уротропин, хромпик  $K_2Cr_2O_7$ ) с целью предотвращения коррозии 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, а также, что более предпочтительно, путем циркуляции раствора [2].

#### *Моющие средства и их компоненты*

Большое распространение во всех процессах получили синтетические моющие средства (СМС), основу их составляют ПАВ (синтаמיד-5, синтанол ДС-10), активность которых повышена введением щелочных растворов. Состав СМС для струйных и погружных способов очистки приведены в таблице 1.1.

Указанные СМС выпускаются в виде сыпучего, гигроскопического белого или светло-желтого порошка. Они нетоксичны, негорючи, пожаробезопасны и хорошо растворимы в воде. Растворы СМС допускают одновременную очистку деталей из черных и цветных металлов и сплавов, обеспечивают многократное использование моющего раствора по замкнутому циклу.

Агрегаты и детали, подлежащие непродолжительному хранению (10–15 дней), не нуждаются после очистки растворами СМС в дополнительной антикоррозионной обработке, которая обеспечивается за счет силикатов (метасиликат натрия  $Na_2SiO_3 \cdot 9H_2O$ , жидкое стекло  $Na_2O \cdot SiO_2$ ), входящих в состав СМС.

Средства «Лабомид-101» и МС-37 предназначены для моющих машин струйного типа, а средства «Лабомид-203» и для машин погружного типа. Препараты «Темп» эффективнее, чем средства «Лабомид» и СМС и, кроме того, средства «Темп-100А» обладают

повышенным пассивирующим действием по отношению к очищаемой поверхности.

Таблица 1.1 – Состав технических моющих средств общего назначения

Наименование	Марка и состав моющих средств, % массы						
	Лабомид		МС			Темп	
	101	203	6	8	15		16
Сода кальцинированная $Na_2CO_3$	50	50	40	38	44–32	40	40,5
Тринатрийфосфат $Na_3PO_4 \cdot 12H_2O$	–	–	–	–	–	–	20
Триполифосфат натрия $Na_5P_3O_{10}$	30	30	25	25	22	26	16
Метасиликат натрия $Na_2SiO_3 \cdot 9H_2O$	16,5	10	29	29	28	28	20
Синтанол ДС-10	3,5	8	6				1,5
Карбамид							2,5
Синтаמיד-5	–	–		8			
Алкилсульфаты	–	2					
Оксифоз-Б	–	–			6–8		
Синтаמיד-510						4	
Оксифоз КД-							0,5

Рабочие концентрации растворов СМС зависят от загрязненности поверхности и составляют 10–30 г/л. Наилучшее моющее действие растворов проявляется при температуре 80–85 °С, а для моющего средства «Темп-100» – 60–75 °С. При этом щелочность моющих растворов является важнейшим фактором, определяющим эффективность очистки – способность растворов нейтрализовать кислые компоненты загрязнений, омылять масло, снижать жесткость воды. Общая щелочность определяется титрованием кислотой с индикатором метилоранжем, а активная – титрованием с фенолфталеином. Моющее действие растворов зависит только от уровня активной щелочности. Показателем щелочности служит водородный показатель рН.

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

На ремонтных предприятиях для восполнения потерь воду в раствор доливают, но не всегда дополняют необходимое количество щелочи или СМС. Естественно, что при этих условиях через 2–3 дня моющая способность раствора резко снизится, так как он оказывается сильно разбавленным. В этой связи важное значение приобретает контроль концентрации раствора.

Наиболее простым способом проверки концентрации щелочных препаратов в водных растворах является определение их щелочности.

Косвенный показатель щелочности рН можно определить по индикаторной бумаге и плотности раствора. Плотность раствора измеряется ареометром (ГОСТ 1300–74), и по таблице 1.2 определяется содержание СМС.

Таблица 1.2 – Плотность растворов моющих средств, т/м<sup>3</sup>

Концентрация раствора, г/л	Лабомид-101, МС-6	Лабомид-200, МЛ-52	Едкий натрий NaOH	Концентрация раствора, г/л	Лабомид-101, МС-6	Лабомид-200, МЛ-52	Едкий натрий 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	1012	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

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

Детали с прочными загрязнениями, например асфальтосмолистыми отложениями, необходимо очищать при рН, равном 10–11,5.

При снижении рН необходимо добавлять активные щелочи. Общая щелочность растворов моющих средств в пересчете на Na<sub>2</sub>O представлена в таблице 1.3.

Таблица 1.3 – Общая щелочность растворов моющих средств в пересчете на Na<sub>2</sub>O

Концентрация растворов, г/л	Едкий натрий	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	0,28	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	–	–

Для удаления асфальтосмолистых отложений и минеральных масел широко распространение получили растворяюще-эмульгирующие средства (РЭС).

При погружении детали в РЭС, которое применяется в чистом виде или в смеси с другими растворителями, очистка происходит за счет растворения. Затем деталь погружают в чистую воду или водный раствор СМС, и происходит эмульгирование растворителя и оставшихся загрязнений и переход их в раствор, что обеспечивает необходимое качество очистки.

АМ-15, МК-3, «Термос», «Эмульсин» – применяются для удаления асфальтосмолистых отложений (АСО) с деталей двигателей, а «Лабомид-312» и Ритм – для очистки деталей двигателя от углеродистых отложений, старых лакокрасочных покрытий и АСО.

Особенностью РЭС является повышенная токсичность (Ритм), некоторая огнеопасность и умеренная токсичность (АМ-15). При этом эти средства необходимо в герметизированных машинах погружного типа с соблюдением особых мер безопасности.

Ориентировочное сравнение растворов СМС и РЭС при одинаковом способе применения в погружных машинах показывает, что РЭС в 5–15 раз эффективнее растворов СМС. Кроме того, при использовании РЭС расходуется в 3–5 раз меньше тепловой энергии, чем в случае применения СМС.

#### *Контроль качества очистки деталей*

Качество очистки изделий оценивается по остаточной загрязненности поверхности весовым методом в соответствии с ГОСТ 18206–78. Остаточная загрязненность  $k$  определяется по формуле

$$k = \frac{m_2 - m_1}{A},$$

где  $k$  – остаточная загрязненность, кг/м<sup>2</sup>;  
 $m_1$  – масса чистого образца, эталона, кг;  
 $m_2$  – масса образца после очистки, кг;  
 $A$  – площадь загрязненной поверхности, м<sup>2</sup>.

Сравнивая очищенные образцы с эталонами можно быстро и с достаточной точностью оценить мощную способность различных средств и процессов.

Оценить качество очистки можно также пропиранием поверхности фильтрованной бумагой, бумажной салфеткой, белой тканью или вагным тампоном. При этом наличие грязи на салфетке после пропирания количественно можно оценить взвешиванием. Чистоту поверхности контролируют смачиванием после ополаскивания изделия в горячей, а затем в холодной воде – по непрерывности слоя воды, т. е. без его разрывов. Величина допустимой остаточной загрязненности поверхности деталей, поступающих на сборку, составляет  $0,1 - 0,25 \cdot 10^{-4}$  кг/м<sup>2</sup> (ГОСТ 18206) и зависит от шероховатости поверхности и конфигурации деталей. Поверхность, содержащая  $0,25 \cdot 10^{-4}$  кг/м<sup>2</sup> загрязнений, является приемлемой для общей очистки в ремонтном производстве.

Применительно к производственным условиям ремонта оборудования по допустимой загрязненности следующие:

1. При наружной очистке машин поверхности сборочных единиц должны быть очищены от дорожно-почвенной грязи, льда и масел. Наличие в отдельных местах сухой грязи допустимо, если эти загрязнения не закрывают крепежных элементов и не препятствуют работе с инструментом.

2. При очистке сборочных единиц необходимо удалить масло из картерных полостей и произвести их промывку от остатков масел. Чем лучше очищены узлы и агрегаты, тем меньше загрязняются руки рабочего и инструмент при последующей их разборке на детали.

3. Чистота поверхности деталей обусловлена требованиями последующих технологических операций – дефектации и восстановления (сварка и механическая обработка). Для этих случаев будет достаточна такая степень чистоты, когда на руках рабочего, мерительном и режущем инструментах не остаются следы масел, смолистых частиц и песка. Эту степень чистоты контролируют бумажной салфеткой или лейкопластырем. Если при наложении салфетки или лейкопластыря на контролируемую поверхность на них не будет следов масла или смол, то такую поверхность можно считать достаточной чистой для ремонтного производства и удовлетворяющую требованиям ГОСТа.

4. Перед сборкой детали двигателя должны быть очищены от производственных загрязнений (стружка, окалина, абразив, пасты и т.п.). Особенно это касается таких ответственных деталей, как блок цилиндров, головки цилиндров, коленчатый вал, шатуны и другие.

Основным требованием при этих операциях является полное отсутствие стружки и абразива как на поверхности, так и в каналах и карманах.

#### *Устройство и работа оборудования*

Для технологических процессов, отличающихся большой специфичностью (очистка блоков, коленчатых валов и их масляных каналов, топливных баков, системы охлаждения двигателей и другие), предусматривается создание специальных машин и автоматизированных поточных линий (рис. 1.4).

Очистка косточковой крошкой осуществляется на установке ОМ-3181. Подаваемая сжатым воздухом под давлением (0,3–0,5) МПа косточковая крошка с большой скоростью выбрасывается из сопла и, ударяясь о поверхность детали, удаляет находящиеся на ней загрязнения.

Важное преимущество рассматриваемого способа перед пескоструйной очисткой состоит в том, что косточковая крошка безвредна для организма и, обладая меньшей твердостью, чем песок, со-

вершено не царапает поверхность очищаемых деталей, в том числе деталей из алюминиевых сплавов.

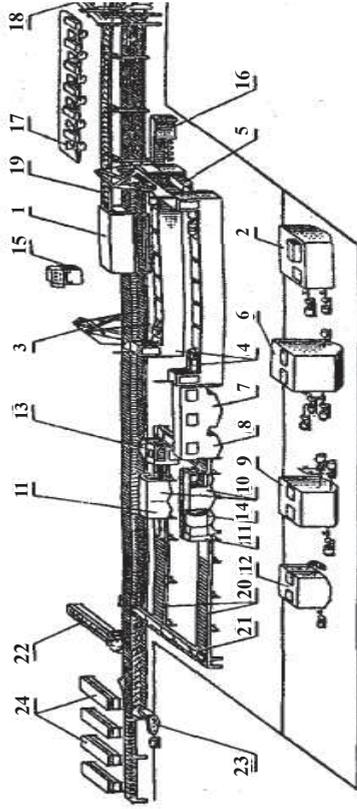


Рисунок 1.4 – Поточная линия очистки деталей и сборочных единиц двигателей:

- 1, 5, 7, 8, 10 и 11 – струйные камеры; 2, 6 и 9 – баки-отстойники;
- 3 – рычажный перегружатель; 4 – ванна; 12 – бак подогрева проточной воды и ингибитора;
- 13 – установка для очистки деталей косточковой крошкой; 14 – камера прокатки масляных каналов; 15 – пульт управления; 16 – шкаф воздухораспределителей;
- 17 – стэнды для разборки двигателей; 18 – перегружатель пустых сортиров; 19 – накопитель пустых сортиров; 20 – роляганги-накопители;
- 21 – пульсирующий транспортер; 22 – загрузчик пустых сортиров;
- 23 – привод транспортера; 24 – столы для дефектации

При очистке деталей косточковая крошка из бункера 1 (рис. 1.5) поступает в смеситель 2 и в смеси с воздухом выбрасывается из шланга 4 на поверхность очищаемых деталей, которые размещают на поворотном столе 5.

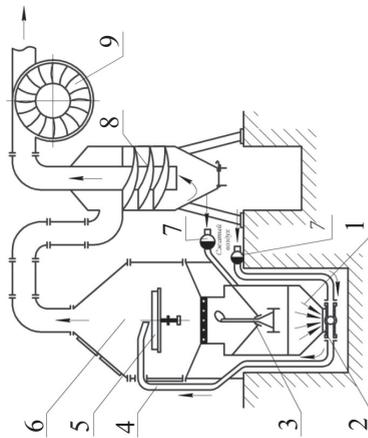


Рисунок 1.5 – Схема процесса очистки деталей машин косточковой крошкой:

- 1 – бункер; 2 – смеситель; 3 – клапан;
- 4 – шланг; 5 – стол;
- 6 – рабочая камера; 7 – кран;
- 8 – циклон; 9 – вентилятор

Образуемая в процессе обработки пыль и удаленные частицы загрязнения отсасываются вытяжным вентилятором 9 через щиток 8, а косточковая крошка проваливается через решетку в бункер для повторного использования. В соответствии с технологическими условиями размер частиц должен быть в пределах 2–4 мм. Допускается остаток на решетке с отверстиями  $\varnothing 4$  мм и проход через решетку с отверстиями  $\varnothing 2$  мм не более 5 % крошки.

Масляные каналы в блоках промывают следующим образом. В постели коренных подшипников блока (рис. 1.6) закрепляют приспособление, вывернув предварительно пробки из главной масляной магистрали и запрессовав втулки распределительного вала, а также заглушку в отверстие передней втулки распределительного вала. Приспособление с блоком помещают в камеру моечной установки ОМ-887, присоединяют к нему шланг 4 от нагнетательной трубы душевого устройства и подают мощную жидкость под давлением (0,12–0,15) МПа. Жидкость, проходя через сверления для смазки коренных подшипников и по каналам масляной магистрали, удаляет загрязнения, осевшие на их стенках. Масляные каналы колеччатых валов промывают при помощи приспособления. Колеччатый вал укладывают на приспособлении и закрепляют при помощи струбцины 6 (рис. 1.7). Затем присоединяют шланг моечной установки к трубе 1 и промывают каналы. При промывке каналов в колеччатых валах с центробежной очисткой масла рекомендуется сначала удалить затвердевшие загрязнения из полостей шатунных шеек при помощи стального ерша.

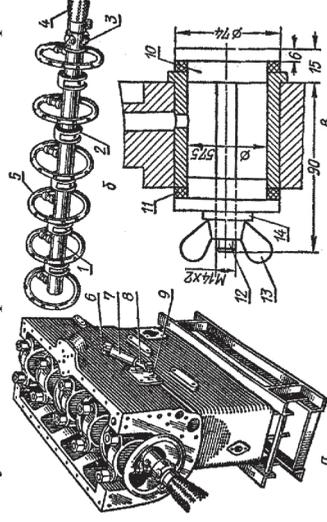


Рисунок 1.6 – Приспособление для промывки масляных каналов и внутренних поверхностей блока двигателя:

- а – приспособление в рабочем положении; б – общий вид приспособления;
- в – заглушка; 1 – труба; 2 – установочная шейка; 3 – специальная гайка; 4 – шланг;
- 5 – душевое устройство; 6 – поворотный штуцер; 7 – резиновый шланг;
- 8 – патрубков; 9 – фланец; 10 – пробка; 11 – резиновая прокладка; 12 – шпилька;
- 13 – барашковая гайка; 14 – медная шайба

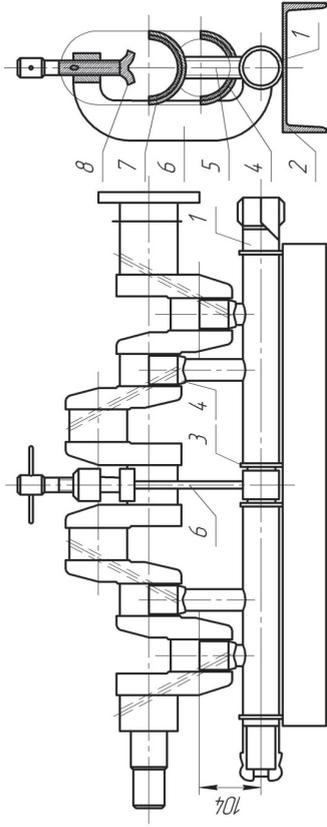


Рисунок 1.7 – Приспособление для промывки масляных каналов коленчатых валов двигателей:

- 1 – труба; 2 – швеллер; 3 – кронштейн; 4 – пастель; 5 – стойка;
- 6 – струбцина; 7 – резиновая прокладка; 8 – алюминиевая плита

Для интенсификации процесса мойки деталей применяются вибрационные установки. Наиболее распространенными из них являются ультразвуковые.

Ультразвуковая установка состоит из ультразвукового генератора 6 (рис. 1.8) и ванны 2 с мощным раствором 4. В дно ванны встроена мембрана 2, колеблющаяся в магнитном поле магнитострикционного преобразователя 1. От мембраны ультразвуковые колебания передаются раствору, который испытывает при этом периодические разрежения и сжатия в такт высокочастотным колебаниям.

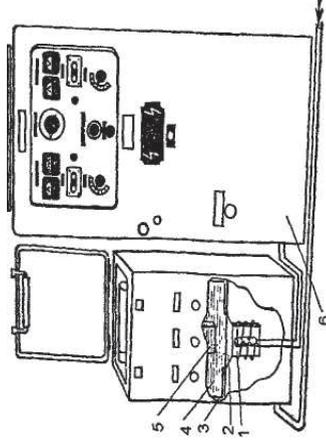


Рисунок 1.8 – Ультразвуковая моечная установка:

- 1 – магнитострикционный преобразователь; 2 – мембрана преобразователя;
- 3 – ванна; 4 – мощный раствор; 5 – деталь; 6 – ультразвуковой генератор

В полупериод разрежения в растворе разрываются сплошность, и образуются полости (пупырки), заполняемые парами окружающей жидкости и растворенными в ней газами. Эти полости, называемые кавитационными, создаются в результате временного понижения давления в определенных точках жидкости до величины ниже порога прочности этой жидкости.

В наступающий затем полупериод сжатия кавитационные пупырки быстро захлопываются, что приводит к гидравлическим ударам, под действием которых загрязнения разрываются и удаляются с поверхности детали.

При выборе моющей жидкости следует иметь в виду, что ультразвук приводит к распаду бензола, четыреххлористого углерода и некоторых других растворителей, а также к потере пенообразующей способности ПАВ при интенсивности  $4 \cdot 10^4$  Вт/м<sup>2</sup> [1].

На интенсивность ультразвуковой очистки влияет температура моющей жидкости. Если при обычных способах мойки повышение температуры раствора увеличивает интенсивность процесса очистки, то эффективность ультразвуковой очистки возрастает лишь до некоторого значения температуры, а затем начинает уменьшаться (рис. 1.9).

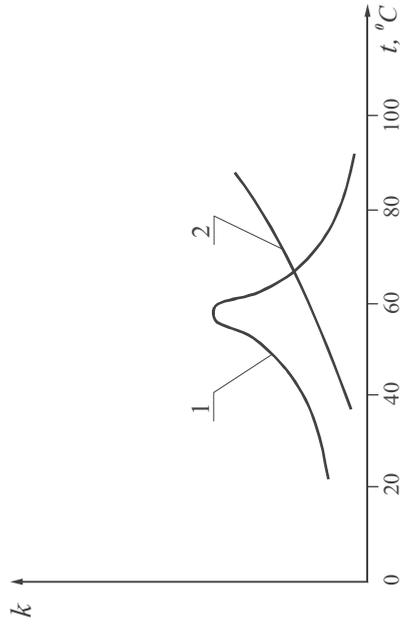


Рисунок 1.9 – Зависимость эффективности к ультразвуковой (1) и обычной (2) очистки от температуры воды

Для каждой жидкости существует своя оптимальная температура. Так, для воды она лежит в пределах 40–70 °С.

## Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с назначением и устройством ультразвуковой установки, научиться ею пользоваться.
2. Заправить ванну моющим раствором, для чего произвести следующее:
  - а) заполнить емкость водой;
  - б) отвесить и растворить моющий препарат в соответствии с инструкцией;
  - в) провести контроль и корректировку моющего раствора.
3. Выполнить загрязнение пластин моделирующими загрязнителями ЗМА, ЗММ-1, ЗММ-2, для чего:
  - а) образцы шлифовать наждачной бумагой до получения ровной, блестящей поверхности с последующим ее обезжириванием венской извесью, промыть водой с последующим обсушиванием фильтровальной бумагой и взвешиванием на весах;
  - б) нанести на образцы по три капли подогретого загрязнителя и распределить равномерно по пластине.
4. Поместить образцы в ванну ультразвуковой установки и провести мойку и очистку последовательно трех серий образцов (серия 1), 3 минуты (серия 2), 6 минут (серия 3) с последующим контролем качества очистки поверхности изделия весовым методом или по «смачиваемости» их водой с оценкой «хорошая», «удовлетворительная», «плохая».
5. Исследовать влияние продолжительности мойки на качество очистки изделия с построением графической зависимости остаточных загрязнений от времени очистки с определением оптимального времени очистки.
6. Убрать рабочее место и сдать отчет преподавателю.

## Содержание отчета о работе

1. Цель работы и применяемое оборудование.
2. Результаты измерений, график зависимости остаточных загрязнений от времени очистки.
3. Выводы.

## Контрольные вопросы

1. Назовите способы очистки деталей.
2. Какие растворы применяются для мойки деталей?
3. Какова роль поверхностно-активных веществ при очистке деталей?
4. Охарактеризуйте способы очистки деталей от нагара и накипи.
5. Назовите характерные особенности очистки косточковой крошкой.
6. Каковы виды загрязнений поверхностей деталей машин и способы их удаления?
7. Дайте характеристику физико-химических основ моющего действия.
8. Какие существуют типы моечных машин для мойки и очистки деталей от загрязнений?
9. Какова сущность ультразвуковой очистки поверхностей деталей?
10. Назовите особенности выбора моющей жидкости при ультразвуковой очистке.
11. Какова сущность погружного способа очистки?
12. Охарактеризуйте способы очистки моющих растворов в моечных машинах.
13. Перечислите способы контроля и корректировки моющих средств.
14. Какова допустимая загрязненность поверхности деталей и способы ее определения?

### Ч. 1. ДЕФЕКТАЦИЯ, ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗНОСОВ И ДЕФЕКТОСКОПИЯ СКРЫТЫХ ДЕФЕКТОВ В ДЕТАЛЯХ МАШИН

#### Цель работы:

1. Изучить операции дефектации и назначения способов восстановления деталей, исследовать характер и величину износа рабочих поверхностей цилиндров двигателя.
2. Овладеть практическими навыками в применении приборов и инструмента.

**Оборудование, инструменты, приспособления:** детали двигателя; подставки для дефектации коленчатого и распределительного валов; приборы КИ-1223, КИ-040 для дефектации подшипников и клапанных пружин; микрометры 0–25, 25–50, 50–75, 75–100, 100–125, 125–150 мм с ценой деления 0,01 мм ГОСТ 6507–90; индикаторные нутромеры 18–50, 50–100, 100–160 мм с ценой деления 0,01 мм ГОСТ 577–88; штангенглубиномер ШГ ГОСТ 162–80; штангенциркуль 0–150 мм с ценой деления 0,1 мм ШЦ ГОСТ 166–80; штангензубомер 1–18 с ценой деления 0,02 мм ШЗ ГОСТ 163–80; набор специальных калибров, скоб, шаблонов, пробок для дефектации деталей двигателя.

#### Общие положения

##### Методы измерения износов деталей и сопряжений

Существующие методы измерения износа деталей и сборочных единиц машин разделяют на интегральные и дифференциальные. Интегральными методами можно определить общий суммарный износ деталей сопряжения или сборочной единицы в целом. Дифференциальные методы используют, когда необходимо определить износ определенного участка рабочей поверхности детали. Эти методы позволяют найти характер распределения износа по рабочей поверхности детали, соотношение износа деталей сопряжения и пр.

Кроме того, существуют методы периодического (дискретные) и непрерывного измерения износа в процессе работы машины.

Общая классификация методов измерения износа приведена в таблице 2.1.1

Таблица 2.1.1 – Классификация методов определения износа

Метод	Оценка признака	Измерение износа во времени	Распределение износа
Микрометрических измерений	Измерением размеров деталей профилографированием	Периодическое	Дифференциальное
По изменению параметров сопряжения	Измерением массы Измерением объема	Периодическое	Интегральное
По содержанию металлических примесей в масле	Химическим анализом Спектральным анализом	Периодическое	Интегральное
По содержанию металлических примесей в масле	Весовым анализом Опτικο-физическим методом	Периодическое	Интегральное
По изменению функциональности	Измерением давления рабочей среды Измерением линейных и угловых перемещений	Периодическое и неравное	Интегральное
По изменению радиоактивности детали	Метод поверхностной активации Метод радиоактивных вставок	Непрерывное Периодическое	Дифференциальное

*Метод микрометрических измерений* основан на периодическом измерении контрольных параметров деталей. Измерения производят микрометром или штангенциркулем, индикаторным нутромером, а также с помощью рычажно-оптических приборов и инструментальных микроскопов. Точность измерения в зависимости от применяемого мерительного инструмента составляет 0,01–0,001 мм. На точность измерений влияет также качество очистки деталей от смазки и загрязнений.

При небольших размерах деталей и при возможности разборки сопряжения для измерения износа могут быть использованы микроскоп, оптиметр, датчики индикаторного типа (рис. 2.1.1).

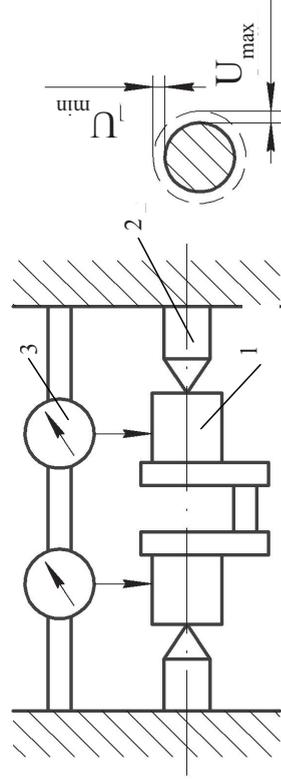


Рисунок 2.1.1 – Схема измерения износа с помощью датчиков индикаторного типа: 1 – колеччатый вал; 2 – центр; 3 – микрометр

Основным недостатком этого метода является то, что перед проведением измерений необходимо разобрать механизм, а также то, что при отсутствии измерительной базы оценить абсолютный износ детали довольно трудно.

*Метод профилографирования* основан на том, что с контрольного участка рабочей поверхности детали снимают профилограмму до начала работы механизма и после истечения установленного времени. По разности высот выступов микронеровностей определяют линейный износ. Измерительными средствами в этом случае служат профилометры и профилографы ИЗП-5, ИЗП-17, ИТП-21, ИТП-201.

Принцип действия профилографа (рис. 2.1.2) заключается в следующем. Измерительный наконечник  $I$ , имеющий малый радиус закругления, перемещают по микронеровностям исследуемой поверхности. Перемещение наконечника  $I$  вызывает поворот

жестко связанного с ним зеркала 2. Пучок лучей, падающий на зеркало 2 от источника света 3, отражается к объективу 4. Сфокусированный с помощью объектива 4 луч падает на фотопленку или светочувствительную бумагу, помещенную на равномерно вращающемся барабане 5. На пленке или бумаге записывается профилограмма, изображающая микронеровности в увеличенном масштабе. Линейный износ  $I = R_0 - R_1$  (здесь  $R_0$  и  $R_1$  – средняя высота выступов микронеровностей соответственно до их начала и по окончании испытаний).

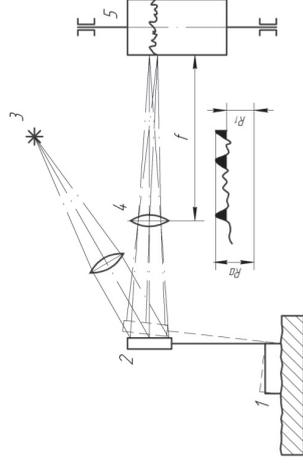


Рисунок 2.1.2 – Схема профилографа

Если рабочая поверхность детали имеет участок, неизнашиваемый в процессе работы, который может быть использован как базовая поверхность, то износ оценивают с помощью одной профилограммы, снятой в конце периода работы. Точность метода профилографирования обусловлена точностью установки измерительного наконечника профилографа относительно исследуемой поверхности и точностью совмещения профилограмм. Недостаток метода – необходимость разборки механизма.

*Метод искусственных баз* заключается в нанесении на рабочую поверхность углубления правильной геометрической формы, по изменению размеров которой судят о линейном износе. Дно углубления служит неизменной искусственной базой, от которой измеряют расстояние до поверхности трения. По изменению длины или ширины опечатка на поверхности трения, соотношение которого с глубиной определено заранее, можно определить местный линейный износ. Углубления наносят с помощью алмазного или твердосплавного инструмента. Геометрические параметры углубления измеряют с помощью оптических измерительных приборов.

В зависимости от формы и метода нанесения углублений различают следующие методы искусственных баз: метод отпечатков; метод лунок; метод слепков.

**Метод отпечатков.** Углубление пирамидальной формы наносит с помощью алмазного инструмента с квадратным основанием и углом при вершине между противоположными гранями  $136^\circ$  (рис. 2.1.3). Отпечатки наносят с помощью приборов для определения твердости типа ПТМ-3 или Виккерса. Износ измеряют по изменению длины диагонали ( $d_0 - d_1$ ) в результате изнашивания:

$$U = h_0 - h_1 = \frac{1}{2} \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2} (d_0 - d_1). \quad (2.1.1)$$

Диагональ отпечатка измеряют с помощью микроскопа. Основным недостатком этого метода является вспучивание поверхности при нанесении отпечатка.

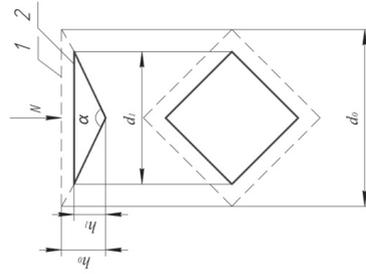


Рисунок 2.1.3 – Схема измерения износа методом отпечатков:

- 1 – поверхность трения до изнашивания;
- 2 – поверхность трения после изнашивания

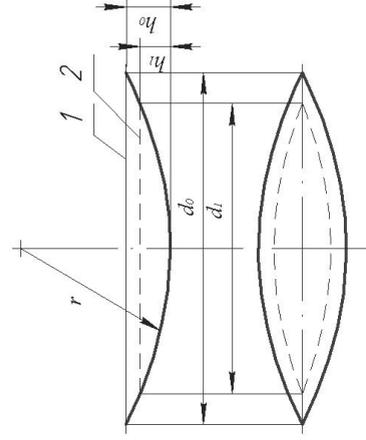


Рисунок 2.1.4 – Схема измерения износа методом вырезанных лунок:

- 1 – поверхность трения до изнашивания;
- 2 – поверхность трения после изнашивания

**Метод вырезанных лунок.** В рабочей поверхности детали с помощью вращающегося реза вырезают лунку, по уменьшению размеров которой в результате изнашивания судят о величине износа (рис. 2.1.4). Обычно в качестве контрольного параметра используют длину лунки, определяемую с помощью микроскопа.

Лунки вырезают вращающимся алмазным резцом, заточенным в виде трехгранной пирамиды с отрицательным передним углом. Соотношение между глубиной лунки и ее длиной составляет 1:50 – 1:80, что обеспечивает высокую точность измерения износа.

Для определения износа методом вырезанных лунок применяют приборы УПОИ-6, оптико-механический индикатор износа ОМИ-1, а также обычные микроскопы с градуированным окуляром.

Размеры лунки определяются особенностями деталей и условиями испытаний – при большой износах наносят лунки с наибольшей длиной, а следовательно, и глубиной. Глубина лунки должна быть несоизмеримо больше высоты микронеровностей. Рекомендуется следующее соотношение размеров лунки: глубина 20,8; 48,0; 83,0 мкм, длина соответственно 1,0; 1,5; 2,0 мм.

Износ плоских, а также цилиндрических поверхностей при лунке, расположенной по образующей цилиндра,

$$I = 0,125(l_1^2 - l_2^2) / r, \quad (2.1.2)$$

где  $l_1, l_2$  – длина лунки до и после изнашивания, мм;  
 $r$  – радиус вращения вершины реза, мм.

Износ лунки, расположенной на выпуклой цилиндрической поверхности,

$$I = 0,125(l_1^2 - l_2^2)(1/r + 2/R), \quad (2.1.3)$$

где  $R$  – радиус кривизны поверхности трения в месте расположения лунки, мм.

Износ лунки, расположенной на вогнутой цилиндрической поверхности,

$$I = 0,125(l_1^2 - l_2^2)(1/r + 2/R). \quad (2.1.4)$$

Этот метод проще, чем метод отпечатков. При вырезании лунок на поверхности детали материал не вспучивается. Точность метода 0,0005–0,002 мм.

**Метод слепков (негативных отпечков)** используется в тех случаях, когда измерение отпечатков лунок или рисок правильной геометрической формы непосредственно на рабочей поверхности детали произведено быть не может. Предусматривается нанесение на

поверхность детали специальной быстро твердеющей массы (например, стиракрила) и снятие слепка или оттиска (рис. 2.1.5). Износ оценивают по разнице в форме и размерах слепков, полученных до и после изнашивания,  $U = h_0 - h_1$ .

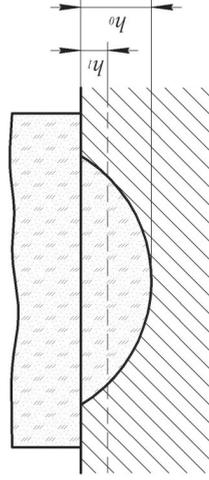


Рисунок 2.1.5 – Схема измерения износа методом слепков

*Метод измерения износа по изменению параметров сопряжения* основан на определении потери массы или объема детали, а также зазора между поверхностями трения. Метод определения износа по *потере массы* заключается в периодическом взвешивании детали. Измерительными средствами являются весы различных типов: приборные ПР-500, аналитические ВЛА-200, ВНЗ-2 и др. Точность метода зависит от точности весов и составляет  $(0,05 - 5) \cdot 10^{-6}$  г.

Метод измерения износа по *изменению объема детали* или зазора между поверхностями трения по существу близок к методу микрометрических измерений: при определении контролируемых параметров применяют те же инструменты и методы измерений. Основными недостатками метода измерения износа по изменению параметров сопряжения являются необходимость разборки механизма для проведения измерений; ограничение массы и размеров деталей возможными применяемыми измерительными средств.

*Метод измерения износа* по содержанию продуктов износа в масле применяют, как правило, при определении износа металлических деталей. Содержание металлических частиц в отработанном масле, определенное физико-механическими методами, является показателем весового износа деталей механизма.

Этот метод используют при определении интегрального износа различных сборочных единиц в условиях эксплуатации и при испытаниях. Применяя этот метод, можно избежать разборки механизма.

### Порядок проведения дефектации

*Дефектацией* называется операция технологического процесса ремонта, при которой осуществляется технический контроль деталей и соединений с последующей сортировкой их на группы в соответствии с техническими требованиями.

В зависимости от величины износа, вида и характера повреждений детали сортируются на пять групп и маркируются краской соответствующих цветов: годные (цвет маркировки зеленый); годные только при соединении с новыми, восстановленными до нормальных размеров деталями (желтый); подлежащие ремонту в нецентрализованном порядке – белый (мастерские хозяйства и других подразделений АПК); подлежащие ремонту в централизованном порядке – синий (заводы, специализированные цеха); негодные – утиль (красный).

На некоторых ремонтных предприятиях детали при дефектации делят на три группы: годные, подлежащие ремонту и негодные.

Критерием в оценке состояния детали, сборочных единиц являются допустимые при сборке размеры, зазоры, натяги.

Допустимыми называются такие размеры (натяги, зазоры), при которых детали (соединения), оставленные при ремонте в агрегате (сборочной единице) проработают без замены в течение очередного межремонтного срока.

При дефектации необходимо учитывать, что все допустимые и предельные размеры (натяги, зазоры) относятся к месту наибольшего износа данной поверхности детали.

Дефектация ведется по наименьшему измеренному значению вала и по наибольшему значению отверстия.

Контроль деталей выполняется в соответствии с техническими условиями в определенной последовательности:

- осмотр с целью выявления явных повреждений деталей: трещин, вмятин, забоин, прогаров, повреждения покрытий и так далее;
- простукивание для определения плотности посадки шпилек, нарушения сплошности деталей, сцепляемости металлопокрытия;
- измерение размеров, формы и взаимного расположения поверхностей деталей;

– дефектация (для обнаружения скрытых дефектов применяются следующие методы контроля (дефектоскопии): капиллярные, люминесцентная, обнаружением подтекания газа или жидкости, магнитные и акустические).

В первую очередь проверяют те дефекты, по которым деталь чаще всего выбраковывается. Если деталь имеет такие дефекты и величина их соответствует (по техническим условиям) выбраковке, то остальные дефекты у этой детали не проверяются.

#### *Особенности дефектации типовых деталей и узлов*

Дефектация проводится органолептическими методами, специальными, универсальным и жестким мерительным инструментом и приборами.

*Подшипники качения.* Дефектация подшипника состоит из осмотра, проверки на шум и легкость вращения, измерения радиального зазора и размеров колец (при наличии следов сдвига колец относительно мест посадки).

*Шестерни.* Состояние рабочих поверхностей зубьев шестерен контролируют наружным осмотром, а величину износа зубьев, посадочных мест и шлицевых или шпоночных пазов – измерением универсальным инструментом или контролируют специальными калибрами. Шестерни бракуют при следующих дефектах:

- сквозные трещины на зубьях и забоины на их торцах;
- ослабление посадки венца шестерни на ступице;
- неравномерный износ зуба – конусность более 0,05 мм на длине 10 мм (проверяют у непостоянно замкнутых шестерен).

*Пружины.* Состояние пружин проверяют осмотром и измерением рабочей нагрузки (упругости) пружины при сжатии ее до рабочей высоты.

Пружину считают годной, если:

- поверхности витков ровные и гладкие, без следов коррозии, трещин и надломов;
- нагрузка при сжатии до рабочей высоты соответствует техническим условиям;
- опорные торцы плоски и перпендикулярные оси пружины.

*Стопорные и пружинные шайбы.* Пружинные шайбы, бывшие в употреблении, могут быть использованы повторно только в том случае, если они не имеют трещин и надрывов в местах перегиба и не потеряли своей упругости, которая характеризуется величиной

развода концов шайбы. Нормальный развод концов шайбы равен двойной ее толщине, а допустимый – полоторной.

К болтам, шпилькам, гайкам и резьбовым отверстиям предъявляются следующие требования:

- резьба не должна иметь вмятин, забоин, выкошенных и стянутых ниток (допускается срыв не более двух крайних ниток);
- нарезанный конец завернутого болта или шпильки должен выступать из гайки на 1–3 нитки резьбы;
- необходимо, чтобы стержни болтов и шпилек не были погнуты и не имели заметной выработки;
- на головках болтов и гайках не допускаются смятые или срубленные грани и углы. При износе граней более 0,5 мм (от номинального размера) болты и гайки выбраковываются.

*Манжеты резиновые армированные для валов.* Манжеты непригодны к дальнейшей работе, если они имеют следующие дефекты:

- вмятины, глубокие риски и другие механические повреждения корпуса и крышки;
- неплотная посадка манжеты на корпусе; трещины, порезы, надрывы, соприкасающиеся с валом; обрыв или повреждение пружины манжеты.

*Уплотнительные прокладки.* Поверхности прокладок должны быть чистыми и ровными, без порванных мест, надломов, складок, выпуклостей, морщин, трещин и т. п.

Допускается установка прокладок больших размеров с одним стыком (разрывом), при условии точного совмещения кромок стыка (разрыва). Неравномерность толщины картонной прокладки допускается не более 0,1 мм на всей длине прокладки.

*Дефектация колчатого вала.* С этой целью проверить или установить колчатый вал в центрах приспособления и настроить микрометр (рис. 2.1.1). Для определения износов шеек вала замерить диаметры шеек микрометром в плоскости А, проходящей через оси шагуных и коренных шеек и второй в плоскости В, перпендикулярной плоскости А в трех поясах в каждой плоскости, первый по центру шейки и два других на расстоянии 5–6 мм от галтелей. Разность этих замеров покажет овальность шейки. Разность размеров по длине шейки характеризует ее конусообразность, бочкообразность, седловидность. Данные заносятся в таблицу 2.1.2.

Таблица 2.1.2 – Результаты измерения шеек коленчатого вала двигателя

Наименование шейки вала	Плоскость измерения	Показания микрометра		Конусообразность	Заключение
		в начале шейки	в конце шейки		
1	Плоскость А, проходящая через оси шатунных и коренных шеек вала. Плоскость Б, перпендикулярная плоскости А Овальность: действительная допустимая				
2 и т. д.	То же				

Изгиб вала определяется следующим образом. Установить вал на призмы или в центры станка, и к средней шейке (коренной) подвести ножку индикатора, создав натяг 1–1,5 мм. Повернув вал на 180°, замечают максимальное и минимальное отклонение стрелки индикатора. Полученную разность отклонений делят пополам и находят величину прогиба.

Радиус кривошипа определяется после установки вала на призмах так, чтобы осевая линия коренных шеек была параллельна плоскости опорной плиты призм, а плоскость колена шатунных шеек – вертикальна. Штангенрейсмусом измеряют высоту от плиты до верхней образующей шатунной шейки, повернув вал на 180°, снова измеряют высоту от основания плиты до верхней образующей той же шейки. Половина разности полученных замеров соответствует величине радиуса кривошипа по данной шейке. Радиус кривошипа измеряется по всем шатунным шейкам. Данные заносятся в таблицу 2.1.2.

*Дефектация подшипников качения.* Проверку выполнить вращением наружного кольца и удержанием внутреннего при горизонтальном положении подшипника. Наружное кольцо исправного подшипника должно вращаться легко, без заметных местных притормаживаний, заеданий, останавливаться плавно, без рывков и стука, резкий металлический или дребезжащий звук не допуска-

ется. У подшипников, признанных при осмотре годными, необходимо измерить радиальный зазор. Конические роликовые подшипники выбраковывают при выступании роликов за наружное кольцо. Результаты замеров заносятся в таблицу 2.1.3.

Для определения радиального зазора проверяемый подшипник установить в приспособление КИ-1223 и закрепить внутреннее кольцо. К наружному кольцу подшипника подвести наконечник индикатора, создав натяг 1–1,5 мм. Переводя подшипник из одного крайнего положения в противоположное, по разности показаний индикатора определим величину зазора. Допустимые величины радиальных зазоров приведены в технических требованиях.

*Определение износа шестерен.* На зубьях шестерен допускаются поверхностные трещины и выкрашивание общей площади не более 15 % рабочей поверхности зуба. Износ зуба по толщине измеряют микрометрическим зубомером, штангензубомером, штангенциркулем или шаблоном (рис. 2.1.6). Допустимый размер указывается в технических условиях.

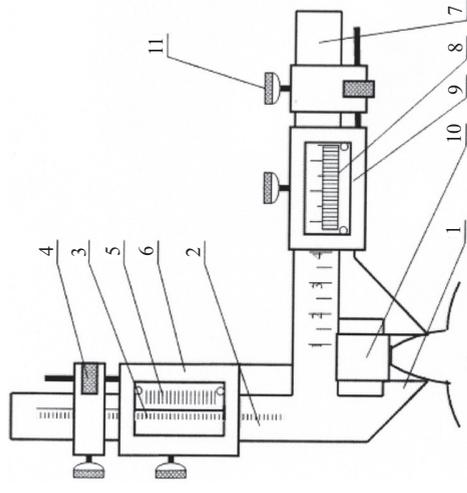


Рисунок 2.1.6 – Штангензубомер:

- 1 – измерительная губка; 2 – угольник; 3 – вертикальная линейка;
- 4 – микрометрический штифт; 5, 8 – нониус; 6 – движок; 7 – горизонтальная линейка;
- 9 – движок; 10 – упор; 11 – микрометрический винт

Износ зубьев по длине определяют штангенциркулем, штангензубомером или специальными жесткими калибрами – шаблонами. Замеры делают у трех зубьев, расположенных под углом 120°.

Ширину шпоночных канавок и шлицевых впадин контролируют шаблонами, а их диаметральные размеры – скобами. Результаты замеров заносят в таблицу 2.1.3.

Таблица 2.1.3 – Результаты дефектации деталей

№ детали по каталогу	Наименование детали	Контролируемый дефект	Размеры, мм		Заключение с указанием способа восстановления
			действительный	допустимый в соединении с бывшими в работе новыми	
1					
2 и т. д.					

**Определение упругости пружины клапана.** С этой целью пружину устанавливают на прибор КИ-040, сжимают ее до рабочей длины и определяют упругость. Полученные данные сравнивают с техническими требованиями.

**Исследование характера износа рабочих поверхностей гильз цилиндров.** Установлено, что гильзы цилиндров особенно сильно изнашиваются в своей верхней части, точнее в зоне действия поршневых колец. При износе в этой зоне свыше 0,35 мм на диаметр нормальная работа двигателя нарушается, поршневые кольца пропускают газы в картер в большом количестве, резко возрастает расход масла и снижается мощность двигателя. В таком состоянии эксплуатация двигателя экономически не целесообразна.

Практика эксплуатации показывает, что гильзы изнашиваются неравномерно как по длине, так и по диаметру. Поэтому целью работы и является определение износа рабочей поверхности гильзы цилиндра. Результаты измерения заносятся в таблицу 2.1.4.

Таблица 2.1.4 – Результаты измерения гильз цилиндров

Цилиндр	Плоскость измерения	Показания индикатора по поясам						
		1	2	3	4	5	6	7
	Перпендикулярно оси вала							
	Изнас, мм							
	Параллельно оси вала							
	Изнас, мм							

**Порядок обработки результатов измерений по исследователюской части работы:**

- Определить начальный диаметр гильзы – данные замера по первому поясу. Диаметр по остальным поясам определяется по формуле

$$d_i = D_H + \delta_i, \quad (2.1.1)$$

где  $D_H$  – базовый диаметр, на который был настроен индикатор, мм;  
 $\delta_i$  – максимальное отклонение стрелки индикатора при замерах в  $i$ -том поясе в данной плоскости;  
 $i$  – номер пояса.

- Определить абсолютный износ в каждой плоскости и каждом поясе

$$E'_i = D'_i - D_H; \quad E''_i = D''_i - D_H, \quad (2.1.2)$$

где  $D'_i$  и  $D''_i$  – диаметры, замеренные в соответствующем поясе и плоскости, мм.

- Построить кривую износа гильзы.

Используя данные таблицы 2.1.3, построить кривую износа, подобно рисунку 2.1.7, то есть по оси абсцисс отложить величину износа гильзы, а по оси ординат длину гильзы в миллиметрах. По кривым дать описание характера износа.

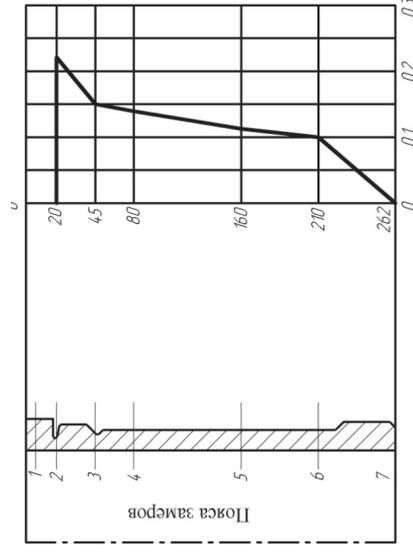


Рисунок 2.1.7 – Износ гильзы по длине

Полученные данные о состоянии деталей сравниваются с техническими условиями, и делается заключение о состоянии детали.

### Содержание отчета о работе

1. Цель работы и применяемое оборудование.
2. Результаты дефектации с заполнением таблиц.
3. Построение кривых износа.
4. Объяснение причин полученной закономерности износа гильзы.

### Контрольные вопросы

1. Дайте определение дефектации.
2. На сколько групп сортируются и какими цветами красок маркируются детали при дефектации в зависимости от величины износа и характера повреждения?
3. С помощью какого инструмента проводится дефектация?
4. При достижении какого размера детали – деталь выбраковывается?
5. В каком месте поверхности детали должны проводиться замеры при дефектации?
6. Как проводится дефектация подшипников, шестерен, пружин, сальников, прокладок, шайб?
7. В чем состоит сущность люминесцентной дефектоскопии?

## Ч. 2. ДЕФЕКТОСКОПИЯ СКРЫТЫХ ДЕФЕКТОВ В ДЕТАЛЯХ МАШИН

### Цель работы:

1. Изучить методы выявления трещин и скрытых дефектов в деталях машин методами магнитной, ультразвуковой и люминесцентной дефектоскопии.
2. Ознакомиться с оборудованием и приспособлениями, применяемыми для выявления этих дефектов, и получить практические навыки по их применению.
3. Дать заключение о возможности дальнейшего использования детали или назначить способ устранения обнаруженного дефекта.

**Оборудование, инструменты, приспособления:** магнитный дефектоскоп М-217; ультразвуковые дефектоскопы УДМ-3М (УДМ-1М, УД-10П); прибор «Ультрасвет 1М-1» или другой ультрафиолетовый излучатель; набор материалов для работы прибором; набор дефектуемых деталей.

### Общие положения

Работа деталей машин в сельскохозяйственном производстве происходит в различных условиях. Это приводит не только к их износу, но и к формированию в них скрытых дефектов (трещин, раковин и другие), которые визуально трудно выявить. Для выявления этих дефектов, в практике ремонтного производства нашли применение люминесцентный, магнитный и ультразвуковой способы.

### Магнитный метод

При намагничивании ферромагнитной детали, у которой имеется дефект, магнитные силовые линии стремятся обогнуть дефект (трещины, раковины, неметаллические включения и т. д.) и выходят за пределы поверхности детали (рис. 2.2.1а).

У границ дефекта, в местах входа и выхода магнитных силовых линий возникают магнитные полюса N и S. Таким образом, происходит резкое изменение параметров магнитного поля. В частности, резко изменятся его напряженность (рис. 2.2.1б).

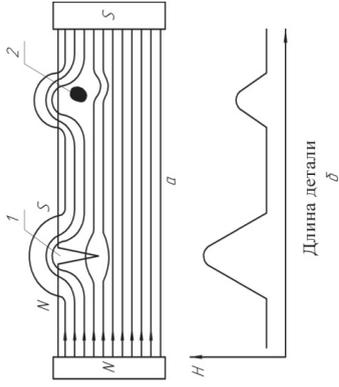


Рисунок 2.2.1 – Поток магнитных линий:  
 а – схема рассеивания магнитных силовых линий; 1 – трещина;  
 2 – немагнитическое включение; б – изменение напряженности магнитного поля

Регистрация различными индикаторами магнитного потока и напряженности поля определяет *метод контроля*. Практически применяется четыре метода. Если магнитный порошок оседает на краях трещины, то это *магнитопорошковый метод*. Использование эмульсий и порошков, светящихся в ультрафиолетовом свете, определяет *магнитно-люминесцентный метод*. Применение магнитной ленты, прикладываемой к поверхности и намагничивающейся пропорционально потоку – *магнитографический метод*: регистрация изменений магнитного потока с помощью феррозондового датчика – *феррозондовый метод* контроля.

Магнитопорошковый и магнитно-люминесцентный методы по целям и средствам осуществления идентичны и включают четыре основных этапа: намагничивание; нанесение индикаторных средств; регистрация и анализ дефектов; размагничивание.

Наиболее четко дефекты обнаруживаются в том случае, когда магнитные силовые линии намагничивающего поля направлены перпендикулярно трещине. Дефекты выявляются в том случае, если угол между направлением магнитного потока и трещиной будет не менее  $20^\circ$ .

В зависимости от предполагаемого расположения трещин применяют циркуляционное, продольное (полносное) и комбинированное намагничивание детали (рис. 2.2.2).

Циркуляционное намагничивание применяется в случае контроля деталей  $l/d$  более 5 ( $l$  – длина,  $d$  – диаметр или толщина) и

наличии продольных дефектов. Напряженность магнитного поля обычно 6–10 кА/м до 15 кА/м. Продольное намагничивание рационально при анализе поперечных трещин. Комбинированное намагничивание применяется, когда неизвестен характер залегания дефекта.

Материалы делятся на магнитомягкие и магнитомягкие. К магнитомягким материалам относятся чугуны и все стали с концентрацией углерода более 0,35%. К магнитомягким – стали с концентрацией углерода менее 0,30%, а также стали аустенитного класса и цветные металлы.

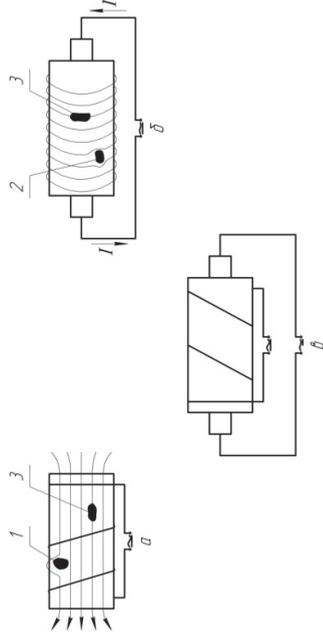


Рисунок 2.2.2 – Схема способов намагничивания деталей:  
 а – продольное намагничивание; б – циркуляционное намагничивание;  
 в – комбинированное намагничивание;  
 1 – дефект, выявленный при продольном намагничивании;  
 2 – дефект, выявленный при циркуляционном намагничивании;  
 3 – дефект, выявленный при комбинированном намагничивании

Контроль магнитомягких материалов проводят на остаточной намагниченности. Величину намагниченного тока, при циркуляционном намагничивании, выбирают исходя из соотношения, установленного опытным путем:

– при контроле на остаточной намагниченности:

$$I = (17 - 20) \cdot d, \quad (2.2.1)$$

где  $I$  – сила тока, А;

$d$  – диаметр детали, мм;

– при контроле в приложенном поле:

$$I = (6 - 8) \cdot d. \quad (2.2.2)$$

### Акустический вид и методы неразрушающего контроля

Акустический вид НК – основан на анализе параметров упругих колебаний, возбуждаемых или возникающих в контролируемом объекте.

В соответствии с ГОСТ 23829–79 имеется целый ряд разновидностей данного вида неразрушающего контроля: метод прохождения, теневой метод, метод отражения, эхо-метод, резонансный метод, импедансный метод, зеркально-теневой метод и другие.

В технике широко применяется ультразвуковой эхо-метод, ультразвуковой импедансный метод и другие.

### Ультразвуковой метод

Этот метод основан на способности ультразвуковых колебаний (УЗК) распространяться в изделиях в виде направленной волны (луча) и отражаться от границ дефектов. Это объясняется тем, что область дефекта представляет среду с резко отличающейся величиной акустического сопротивления.

Ультразвук применяется для контроля качества изделий из стали, алюминия, меди и других металлов, а также пластмасс и бетона. При помощи ультразвука можно обнаружить внутренние микроскопические дефекты литья, паковки, сварки, прокага (трещины, раковины, шлаковые включения, газовые пузыри и поры, непровары и так далее).

Ультразвуком называют упругие колебания материальной среды, частота которых лежит за пределами слышимости в диапазоне от 20 кГц до 1,0 ГГц. В дефектоскопах УДМ-1М, УДМ-3М и УД-10П используется пьезоэлектрический способ получения ультразвука.

Ультразвук распространяется в однородной среде в виде направленной волны, причем упругая волна колебаний при больших частотах подчиняется законам светового луча – она отражается, преломляется на границе разнородных сред, испытывает явление интерференции и дифракции. Скорость прохождения ультразвука в среде зависит от направления, по которому перемещаются элементы среды под действием ультразвуковых волн. Если элементы перемещаются параллельно распространению волн, то такая волна называется *продольной* (рис. 2.2.3а). Если элементы перемещаются в направлении, перпендикулярном распространению волн, то такая волна называется *поперечной* (рис. 2.2.3б).

Известно, что волны отражаются от тех дефектов, которые по своим размерам больше или равны длине ультразвуковой волны. Следовательно, увеличение чувствительности метода требует приращения волн возможно меньшей длины.

Так как скорость распространения волны прямо пропорциональна частоте колебаний (в формуле 2.2.3), то увеличивая частоту колебаний (так как  $V = \text{const}$ ), мы уменьшаем длину волны, то есть повышаем чувствительность метода.

$$V = \lambda \cdot f, \quad (2.2.3)$$

где  $V$  – скорость распространения ультразвуковой волны, м/с;

$\lambda$  – длина волны, м;

$f$  – частота колебаний, Гц.

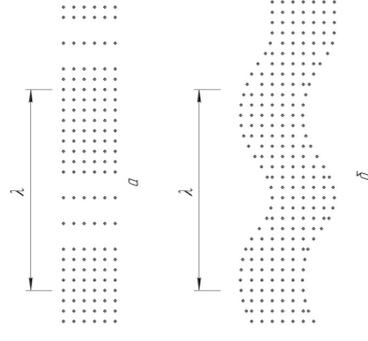


Рисунок 2.2.3 – Виды звуковых волн:

$a$  – продольная волна;  $b$  – поперечная волна;  $\lambda$  – длина волны

Поскольку скорость поперечных волн вдвое меньше скорости продольных, то выгоднее работать на поперечных волнах, так как при той же частоте длина поперечной волны вдвое меньше, следовательно, чувствительность вдвое выше (табл. 2.2.1).

Для передачи ультразвуковых колебаний в исследуемый материал используется устройство, называемое шупом (искаженная головка).

Существует несколько способов выявления дефектов в металле ультразвуком. На практике наибольшее распространение получили способ сквозного прозвучивания (теневой) и способ отражения (эхо-импульсный метод).

Таблица 2.2.1 – Длина волны в зависимости от частоты искательной, головки ультразвукового дефектоскопа (сталь малоуглеродистая), мм

Наименование ультразвуковых волн	Скорость ультразвуковой волны, м/с	Частота искательной головки, мГц					
		0,8	1,8	2,5	5,0	10,0	20,0
Продольные	$6,1 \cdot 10^3$	7,62	3,39	2,44	1,22	0,61	0,31
Поперечные	$3,3 \cdot 10^3$	4,12	1,83	1,32	0,66	0,33	0,16

При теновом методе прозвучивания (рис. 2.2.4а) используются две искательные головки (два щупа) 1, 2, одна из которых служит источником ультразвуковых волн, а другая приемником. Щупы размещают на двух противоположных поверхностях контролируемого изделия  $\delta$  строго соосно. Способ обладает большой чувствительностью, имеет несколько существенных недостатков:

- работа двумя щупами требует высокой квалификации оператора;
- метод требует подготовки обеих поверхностей изделия к контролю, что не всегда возможно;
- при невозможности удобного доступа к изделию с двух сторон метод неприменим.

На рисунке 2.2.4 цифрой 6 обозначено изображение экрана осциллографа, 3 – начальный импульс, 4 – донный импульс, 5 – импульс от дефекта.

Эхо-импульсный метод (способ отражения) – используется один щуп 7 (рис. 2.2.4б), то есть возможен контроль изделия при одностороннем доступе к его поверхности. В этом случае на щуп (искательную головку) сигнал подается непрерывно, как при теновом способе, а импульсами. В момент подачи на щуп импульса ультразвука он работает как излучатель ( $\tau = 1,5 - 5 \cdot 10^{-6}$  с), а в момент паузы ( $t = 2,5 - 10 \cdot 10^{-6}$  с) как приемник, после чего снова следует очередной импульс, и цикл беспрерывно повторяется (рис. 2.2.5).

Кроме нормальных искательных головок (прямой щуп) (рис. 2.2.6а), применяют раздельно-совмещенные головки (прямой раздельно-совмещенный щуп) (рис. 2.2.6в). В них один элемент является источником, другой – приемником. Излучение и прием ультразвука идет непрерывно. В некоторых случаях применение прямых щупов затруднено. В этом случае используют призматический щуп (рис. 2.2.6б).

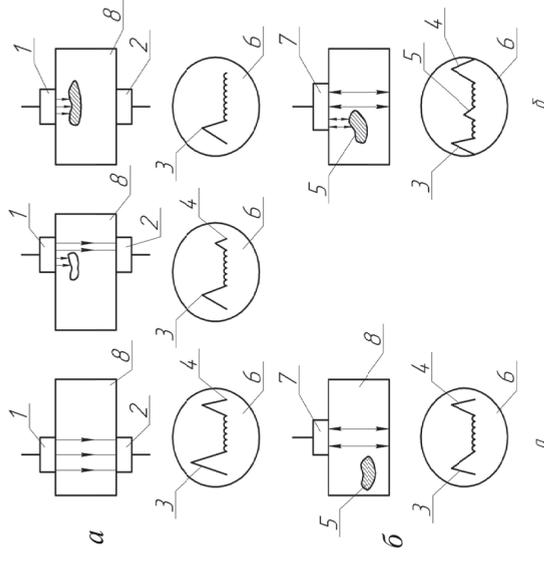


Рисунок 2.2.4 – Виды звуковых волн и их отображения на экране

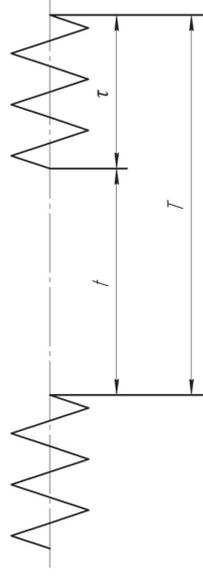


Рисунок 2.2.5 – Схема импульсной подачи ультразвука в зону контроля:  $t$  – время паузы;  $\tau$  – время импульсной подачи ультразвука;  $T$  – время одного цикла

Призматический щуп – это обычный щуп (нормальная искательная головка), отличающийся тем, что он вмонтирован в оправу из оргстекла таким образом, что плоскость пьезоэлемента образует определенный (постоянный) угол с поверхностью контролируемого изделия. Перемещая щуп в направлении, перпендикулярном шву, можно проконтролировать всю недоступную для нормальной головки зону (рис. 2.2.7 зона штриховки). Отразившись от дефекта, ультразвуковой сигнал вернется тем же путем и будет принят щупом в период паузы.

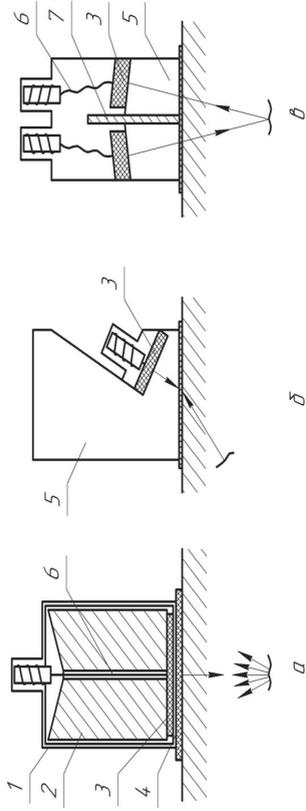


Рисунок 2.2.6 – Схема ультразвуковых преобразователей искательных головок:

*a* – прямого; *b* – наклонного; *в* – раздельно-совмещенного; 1 – корпус;  
2 – демпфер; 3 – пьезопластина; 4 – защитное доннышко (протектор); 5 – призма;  
6 – токопровод; 7 – акустический экран

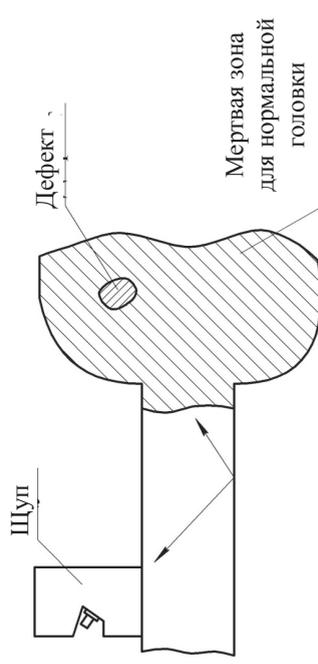


Рисунок 2.2.7 – Определение дефекта при помощи призматического щупа

Поверхность изделия, подлежащая контролю ультразвуком, обрабатывается до шероховатости  $R_z = 20 - 10 \cdot 10^{-6}$  м и покрывается контактной жидкостью (тонкий слой мыльной воды, или масла, или специальной пасты и др.), чтобы между щупом и деталью не было прослойки воздуха. Появление такой прослойки приводит практически к полной потере сигнала за счет отражения и рассеивания ультразвука на границе металл-воздух.

*Ультразвуковой эхо-метод*. Эхо-метод – метод отражения, основанный на анализе параметров акустических импульсов, отраженных от дефекта.

При данном методе используются упругие колебания волн с частотой 20–106 кГц. В зависимости от направления колебаний час-

тиц среды по отношению к направлению распространения волн различают продольные, сдвиговые (поперечные), волны Релея, сферические и другие волны.

Волна, имеющая направление смещения частиц параллельно распространению, называется продольной, а волна с направлением смещения частиц перпендикулярно направлению распространения называется сдвиговой. Волна Релея – волна, распространяющаяся вдоль свободной границы твердого тела и затухающая на глубине, соизмеримой с длиной волны. Сферическая волна есть волна, фронт которой представляет собой концентрическую шаровую поверхность или ее часть.

Ультразвуковые волны, подобно световым, могут отражаться, преломляться, фокусироваться, кроме того, они обладают большой проникающей способностью. Ультразвуковой метод дефектоскопии является одним из самых универсальных, так как позволяет контролировать любые материалы.

Для излучения ультразвуковых колебаний используются акустические преобразователи различных типов. Широко применяются в настоящее время пьезоэлектрические преобразователи (пластины из монокристаллов кварца, сегнетовой соли, сульфата лития, титанита бария), использующие прямой и (или) обратный пьезоэлектрический эффект. Пьезоэлектрический преобразователь является основным элементом так называемой искательной головки ультразвукового дефектоскопа.

Дефектация деталей по эхо-методу осуществляется одной искательной головкой. Сигнал подается перпендикулярно верному направлению трещины длительностью 1–3 мкс с интервалом 1–5 мкс. Отраженный от дефекта сигнал усиливается и фиксируется на осциллографе. Если ультразвуковой луч  $L$  вводится в металл под углом  $\alpha$  к нормали ее поверхности, то в материале возникают продольные ( $L_{пр}$ ) и поперечные ( $L_{поп}$ ) волны (рис. 2.2.8).

Углы преломления  $\gamma$  и  $\beta$  лучей зависят от угла падения и скорости распространения ультразвуковых колебаний в материале головки и детали (рис. 2.2.9).

Углы  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ , определяются из соотношения:

$$\frac{\sin \alpha}{C_{пр1}} = \frac{\sin \beta}{C_{пр2}} = \frac{\sin \gamma}{C_{поп2}} \quad (2.2.4)$$

где  $C_{пр1}$ ,  $C_{пр2}$ ,  $C_{поп2}$  – скорости распространения продольных и поперечных волн в первой и второй средах соответственно.

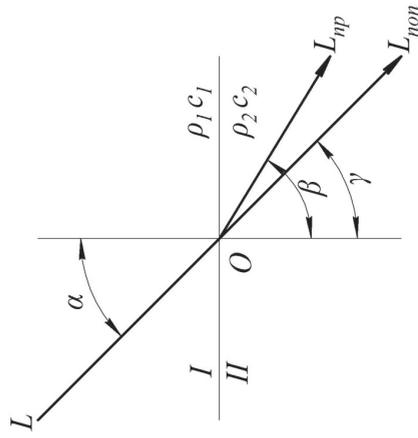


Рисунок 2.2.8 – Схема прохождения волн на границе двух сред при наклонном падении лучей

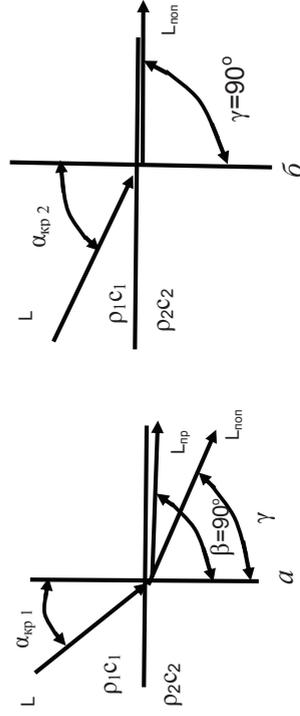


Рисунок 2.2.9 – Схема распространения продольной (а) и поперечной (б) преломленных волн вблизи границы раздела сред при критических углах падения

При некотором значении  $\alpha = \alpha_{сп1}$  (первый критический угол) преломленные продольные волны распространяются по поверхности детали, угол  $\beta = 90^\circ$ . При дальнейшем увеличении угла  $\alpha$  продольные волны полностью отражаются от поверхности и при  $\alpha = \alpha_{сп2}$  (второй критический угол) по поверхности распространяются преломленные поперечные волны, угол  $\gamma = 90^\circ$ .

Поскольку эксплуатационные трещины на работающих деталях возникают главным образом в поверхностном слое, то для контроля для деталей угол ввода ультразвуковых колебаний выбирается близ-

ким ко второму критическому. Поперечные волны в этом случае распространяются вдоль поверхности, продольные же волны не вводятся в контролируемую деталь и не мешают проведению контроля.

Таким методом контролируют кромки деталей (рис. 2.2.10), являющиеся местом зарождения трещин усталостного и (или) термического происхождения. Искажительную головку 2 устанавливают на кромке детали 1 у ее козла так, чтобы поверхностные волны распространялись от одного конца детали к другому. На экране 6 дефектоскопа возникает простая для расшифровывания оциллограмма, состоящая из трех импульсов: начального 7, концевого 8 и от трещины 9. Положение и величина импульса 9 характеризует место и величину трещины 5. Отсутствие импульса свидетельствует об отсутствии трещин на кромке лопатки.

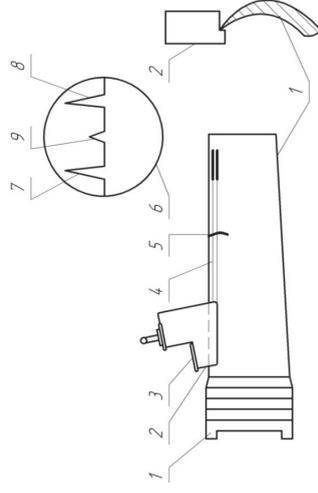


Рисунок 2.2.10 – Ультразвуковой контроль кромки детали и изображение на экране электронно-лучевой трубки:

- 1 – лопатка; 2 – искажительная головка; 3 – пьезоизлучатель;
- 4 – направление ультразвукового импульса; 5 – трещина; 6 – экран осциллографа;
- 7 – начальный сигнал; 8 – конечной сигнал; 9 – сигнал дефекта

Контроль кромок деталей данным методом осуществляется с помощью дефектоскопов УЗДЛ-61-2М; УДМ-1М; УДМ-3 и другими.

Ультразвуковым эхо-методом контролируются как металлические, так и пластмассовые детали, например барабаны и реборды колес, пружины и другие. Метод позволяет обнаруживать трещины, рыхлоты, неоднородность зерен, межкристаллитную коррозию, дефекты сварных и паяных соединений.

При контроле кромок деталей продольными волнами минимальная ширина раскрытия трещины составляет 0,001 мм, а глубина трещины – 0,1 мм.

Областью возможного применения данного метода при ремонте автотракторной техники является определение дефектов, расположенных на поверхности и в глубине металлических и неметаллических материалов, в том числе без разборки элементов конструкции при наличии доступа для:

- измерения толщины материала при одностороннем доступе;
- контроля стыковых угловых, тавровых и нахлесточных соединений, изготовленных из конструкционных, углеродистых и легированных сталей, титановых, алюминиевых и некоторых других сплавов.

На эффективность ультразвукового метода контроля отрицательно влияют: неперпендикулярность направления ультразвуковых колебаний к плоскости искомого дефекта; наличие стыков между контролируемыми элементами; шумовые помехи, близкие по частоте колебаний, используемых в дефектоскопе.

*Ультразвуковой импедансный метод.* Импедансный метод – метод акустического неразрушающего контроля, основанный на возбуждении в контролируемом объекте упругих колебаний и анализе изменения механического импеданса участка поверхности этого объекта.

Метод применяется для выявления дефектов в клеевых и паяных соединениях многослойных конструкций и расслоений в изделиях из слоистых пластиков (рис. 2.2.11).

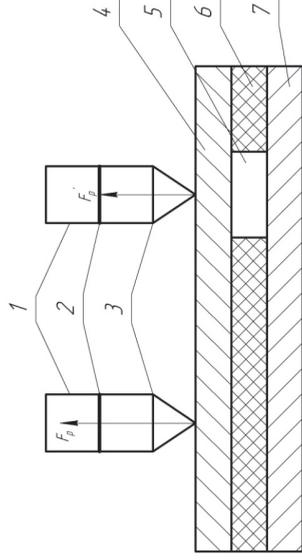


Рисунок 2.2.11 – Схема контроля деталей импедансным методом:

- 1 – излучатель; 2 – пьезоэлемент-излучатель; 3 – пьезоэлемент-приемник;
- 4, 7 – обшивка контролируемой конструкции; 5 – непорочкой (отслоение, непорочай);
- 6 – соединительный элемент (припой, кдеи);  $F_p$  и  $F_p'$  – реакции

Контроль производится при доступе к изделию с одной стороны. При контроле этим методом в многослойном изделии возбужда-

даются изгибные колебания звуковой частоты. На участке без дефектов все изделие колеблется как единое целое, сила реакции значительна.

В месте дефекта изгибные колебания возбуждаются только в наружном слое, жесткость которого значительно меньше жесткости всего изделия, сила реакции уменьшается. Изменение амплитуды или фазы силы реакции фиксируется индикатором импедансного дефектоскопа – пьезоэлементом, помещенным на конце датчика (искателя).

Применяются дефектоскопы АД-40, ИАД-3, ИАД-2 и другие.

Для настройки дефектоскопов используются контрольные образцы или части контролируемых деталей с искусственными или естественными дефектами типа непорочки размером от  $0,5 D_{\text{дон}}$  и более ( $D_{\text{дон}}$  – максимальная протяженность дефекта, допустимого согласно техническим условиям на отбраковку).

Контроль проводится перемещением датчика по поверхности контролируемой детали (рис. 2.2.12). Перемещать датчик необходимо с легким нажимом со скоростью не более 1,5 м/с, удерживая его по нормали к поверхности с точностью  $\pm 10^\circ$  шаг сканирования  $l = 0,5 D_{\text{дон}}$ .

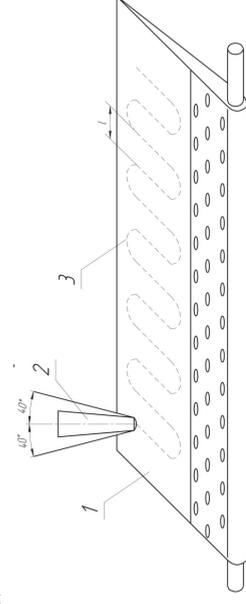


Рисунок 2.2.12 – Схема сканирования датчика при контроле клевого соединения обшивки с сотовым наполнителем импедансным методом

На эффективность контроля импедансным методом отрицательно влияют следующие факторы: разброс значений механических импедансов в бездефектных зонах контролируемого изделия; наличие участков со смятыми сотами, которые в сотовых конструкциях могут давать ложные показания; крупные ячейки сот с разными сторонами 6 мм и более, которые также могут вызывать ложные показания; упругое сопротивление зоны контакта искателя с изделием, увеличение толщины обшивки; уменьшение отношения

жесткости конструкции изделия к жесткости обшивки; увеличение шероховатости и кривизны поверхности.

Предельная чувствительность метода оценивается минимальной площадью дефекта 0,07 см, глубиной дефекта – 0,1 мм.

*Ультразвуковой теневой метод.* Различают при данном контроле теневой и зеркально-теневой методы неразрушающего контроля. Если ультразвуковые колебания в контролируемой детали вводятся с одной стороны, а принимаются с другой (рис. 2.2.13а), то такой метод называется теневым, а при зеркально-теневом (рис. 2.2.13б) – с одной.

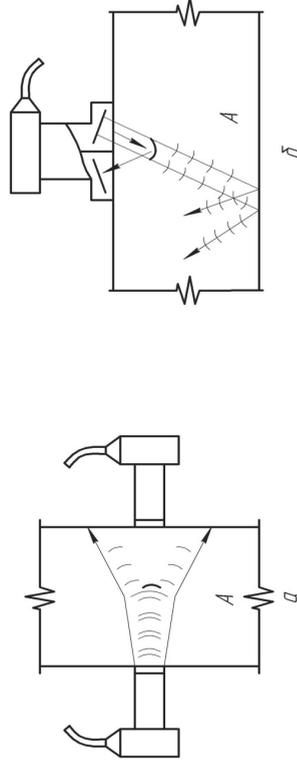


Рисунок 2.2.13 – Теневые методы ультразвукового контроля:  
а – теневой метод; б – зеркально-теневой метод; А – контролируемая деталь

Ультразвуковые колебания, встретившие на пути дефект в виде несплошности, отражаются в обратном направлении, что приводит к уменьшению их амплитуды либо фазы, воспринимаемых приемным элементом искателя. Ультразвуковые колебания могут излучаться в импульсном режиме либо непрерывно.

Для контроля деталей теневым методом необходим доступ с обеих сторон, что накладывает некоторые ограничения. Контроль деталей и агрегатов автотракторной техники осуществляется при помощи универсальных дефектоскопов УДМ-3, ДУК-66, ДУК-66П, ДУК-13ИМ и других.

#### *Люминесцентный метод дефектоскопии (капиллярная дефектоскопия)*

Этот метод базируется на целом ряде физических явлений. Причиной всех люминесцентных явлений является переход частиц люминесцирующего вещества в возбужденное состояние.

Этот переход осуществляется за счет энергии, доставляемой посторонним источником. Переход возбужденного центра люминесценции в нормальное или менее возбужденное состояние сопровождается испусканием света – суть явления люминесценции.

Обычно в возбужденном состоянии частицы вещества находятся  $\approx 10^{-8}$ с. Такая длительность возбужденного состояния, характерная для люминесценции, называется *флуоресценцией*. Флуоресценция наблюдается при облучении светом некоторых жидкостей и газов. Например, керосин под действием дневного света дает слабое голубоватое фотолюминесцентное свечение (фотолюминесценция – свечение вещества после предварительного освещения его).

Физическая сущность люминесцентного контроля состоит в использовании явления проникновения хорошо смачивающей по верхности контролируемого изделия флуоресцирующей жидкости в трещины, поры и другие несплошности поверхности.

Поэтому в практике этот метод называют капиллярным методом. Таким образом, рассматриваемый метод базируется на люминесцентном, диффузионном, сорбционном и капиллярном явлениях, которые хорошо описаны в известных учебниках по физике.

Для возбуждения свечения обычно применяют ультрафиолетовые лучи длиной волн от 200 до 400 мкм, так как ультрафиолетовые волны меньше 200 мкм сильно поглощаются воздухом, и особенно кислородом.

Основной частью флуоресцентной жидкости является керосин, который обладает слабым поверхностно-активным свойством. Поэтому после нанесения жидкости на поверхность изделия за счет капиллярности (небольшие размеры дефекта – 0,01 и менее миллиметров) явления сорбции и диффузии, жидкость заполняет дефект (трещину). Затем лишнюю жидкость удаляют с поверхности (протирка ветошью, древесными опилками, смыв водой и так далее). Однако жидкость, попавшая в трещину, остается. Теперь выдерживают жидкость для вытекания на поверхность оставшейся жидкости за счет тех же явлений. Облучение жидкости ультрафиолетовыми лучами вызывает собственное свечение жидкости, и таким образом обозначается дефект.

Если деталь не имеет дефектов, то ее очищают растворителем или мощным средством (МС-6, МС-8).

### **Порядок выполнения работы**

*Порядок выполнения работы на ультразвуковом дефектоскопе*

- Включить и прогреть ультразвуковой дефектоскоп. Убедиться в наличии входного импульса на экране осциллографной трубки.
- Нанести на поверхность контролируемого изделия тонкий слой машинного масла.
- Установить искательную головку на поверхность контролируемой детали и убедиться в наличии входного и донного сигналов.
- Измерить расстояние от поверхности до дна по показаниям трубки осциллографа.
- Плавно перемещая искательную головку по контролируемой поверхности найти импульс от дефекта. Убедиться, что он расположен между входным и донным импульсом.
- Измерить расстояние от поверхности до дефекта. Убедиться в наличии дефекта отверстия (сверления) в боковой поверхности образца.
- По заданию преподавателя (лаборанта) произвести дефектоскопию образца. Исходные данные и результаты наблюдений занести в отчет по лабораторной работе.
- По завершении выключить дефектоскоп и убрать рабочее место.

*Порядок выполнения работы по магнитной дефектоскопии*

- По заданию преподавателя (лаборанта) получить деталь для намагничивания.
- Определить диаметр детали и в зависимости от марки стали рассчитать ток намагничивания. Сообщить преподавателю (лаборанту) о результатах расчета.
- Выключить установку и настроить ее на режимы, определенные расчетом.
- Произвести намагничивание детали.
- Полить на деталь технологическую жидкость (смесь керосина и ферромагнитного порошка) и определить место расположения трещин (трещины).
- Размагнитить деталь. Выключить установку.
- Убрать рабочее место. Результаты дефектоскопии занести в отчет по лабораторным работам.

### *Порядок выполнения работы по люминесцентной дефектоскопии*

- На поверхность детали нанести технологическую жидкость (смесь керосина, трансформаторного масла и дефектоли) и выдержат в течение 15 минут.
- Удалить технологическую жидкость с поверхности детали и выдержат 5 минут.
- Включить ультрафиолетовую лампу и облучить обработанную поверхность ультрафиолетовым светом. Определить расположение трещин на поверхности детали.
- Выключить ультрафиолетовую лампу и убрать рабочее место. Результаты дефектоскопии занести в отчет по лабораторным работам.

### **Содержание отчета о работе**

1. Цель работы и применяемое оборудование.
2. Схемы проведения дефектоскопии. Результаты дефектоскопии.
3. Выводы.

### **Контрольные вопросы**

1. Область применения люминесцентной дефектоскопии.
2. Когда используются ультрафиолетовые лучи?
3. Назовите область применения магнитного метода.
4. Что такое искательная головка?
5. Перечислите виды искательных головок.
6. Назовите методы контроля ультразвуком.
7. Охарактеризуйте дефекты, выявляемые ультразвуком.

## РАСТОЧКА И ХОНИНГОВАНИЕ ГИЛЬЗ ЦИЛИНДРОВ ДВИГАТЕЛЯ

### Ч. 1. РАСТОЧКА ЦИЛИНДРА ДВИГАТЕЛЯ

#### *Цель работы:*

1. Ознакомиться с характером износа гильз и цилиндров блоков двигателей и его влиянием на долговечность двигателя, способами ремонта, с оборудованием для расточки гильз и цилиндров блоков, изучить технологический процесс расточки и расточить цилиндр практически.
2. Измерить и определить характер износа цилиндров и, при необходимости, назначить способ ремонта.
3. Ознакомиться с устройством станка для расточки цилиндров, подобрать и рассчитать режим расточки, расточить 1 цилиндр и проверить качество (точность) расточки.
4. Исследовать зависимость качества обработки гильз от материала гильз и резцов, от режимов расточки и углов заточки резцов.

**Оборудование, инструменты, приспособления:** станок 2Е78ПН; блок цилиндров (гильза); приспособление-наладка для крепления гильз; режущий инструмент; центроискатель (приспособление для центрирования оси шпинделя с центром обрабатываемой гильзы); наездник для центровки; индикатор-нутромер; индикаторная головка часового типа ИЧ-10 ГОСТ 777-88; микрометры МК-50-1, МК-75-1, ГОСТ 6507-83; установочный конус; приспособление для изготовления фаски и выравнивания гильзы с прилегающей поверхностью блока цилиндров и головки цилиндров; приспособление для заточки резцов; набор слесарного инструмента; стеллаж для приборов и приспособлений; технические требования на ремонт гильз и блока цилиндров; плакаты по устройству станка 2Е78ПН.

#### **Общие положения**

1. Цилиндры изнашиваются главным образом в области движения поршневых колец. Рабочая поверхность цилиндра в попереч-

ном сечении приобретает форму овала с большей осью в плоскости качания шатуна, а по длине – форму конуса, обращенного вершиной вниз.

Появление рисок и задиров на внутренней поверхности гильз обусловливается некачественной работой воздухоочистителей и масляных фильтров, а также использованием неочищенных горючесмазочных материалов.

Причиной появления кавитационно-коррозионных разрушений на наружной поверхности гильз и внутренних полостях блоков системы охлаждения являются продолжительность эксплуатации двигателя, конструктивные особенности водяной рубашки блока и технология изготовления гильз.

В ремонт не принимаются гильзы, имеющие трещины, изломы, пробоины, глубокие риски и задиры, скопление на наружной поверхности раковин глубиной более 3 мм.

Состояние сопряжения поршень-цилиндр оценивают по величине зазора в области юбки поршня при положении поршня, соответствующем В.М.Т, а состояние цилиндра – величиной овальности и конусности. Допустимый без ремонта зазор в сопряжение поршень-цилиндр установлен для двигателей ГАЗ-53 – 0,024 мм; ЗИЛ-130-0,05; Д-50 – 0,14; А-01, А-41, ЯМЗНБ – 0,21; СМД-14 – 0,25 мм. Допустимая овальность и конусность гильз всех тракторных двигателей 0,03 мм, а для ГАЗ-53А и СМД-14 – 0,02 мм.

2. Для определения овальности и конусности цилиндров их измеряют в 2 плоскостях и по 3 поясам: в плоскости коленчатого вала и в плоскости качания шатуна; верхний пояс – по ВМТ верхнего поршневого кольца, нижний пояс на расстоянии 20 мм от нижнего конца цилиндра и средний пояс – на среднем расстоянии между верхним и нижним поясами (рис. 3.1.1).

3. При предельном износе цилиндров их ремонтируют расточкой под ремонтный размер, после чего комплектуют по размерным группам с поршнями соответствующего ремонтного размера и размерной группы. Гильзы блоков тракторных двигателей имеют по одному ремонтному размеру Р1, увеличенному на 0,7 мм. Для автомобилей двигателей установлены 3 основных ремонтных размера цилиндров с интервалом 0,5 мм.

В последнее время нашел применение метод восстановления гильз тракторных двигателей постановкой (после расточки) свернутых втулок из углеродистой стали.

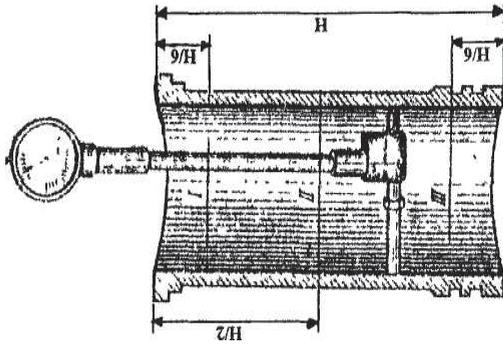


Рисунок 3.1.1 – Схема измерения диаметра цилиндра блока двигателя

Растачиваемый цилиндр (или приспособление – наладка) должен быть предварительно отцентрирован по оси шпинделя станка (рис. 3.1.2). Центровка производится с помощью оправки с шариковой головкой при вершине.

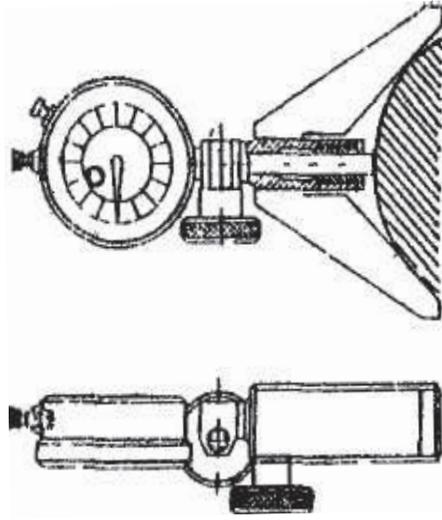


Рисунок 3.1.2 – Схема установки индикатора на «0» перед установкой вылета резца по наезднику

Оправка устанавливается в гнездо шпинделя, расположенное ниже гнезда под резец. Вылет центрирующей оправки (рис. 3.1.3) рассчитывается по формуле:

$$L = \frac{D_u + d_r}{2}, \quad (3.1.1)$$

где  $L$  – вылет центрирующей оправки, мм;  
 $d_r$  – диаметр резцовой головки шпинделя станка, мм,  $d_r = 77,92$  мм;  
 $D_u$  – диаметр верхней неизношенной части цилиндра или установочного пояса приспособления-наладки, мм.

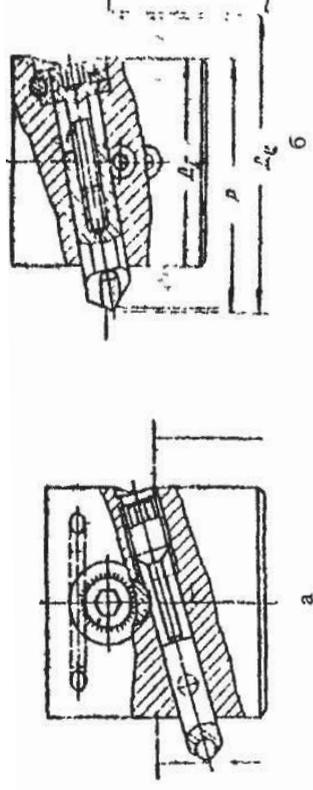


Рисунок 3.1.3 – Установка для расточки с использованием оправки с шариком (а) и установка резца (б)

В отцентрированном цилиндре шарик оправки при проворачивании шпинделя должен равномерно касаться неизношенной поверхности цилиндра по всей окружности. Точность центровки проверяется с помощью рычажного приспособления с индикаторной головкой (рис. 3.1.4).

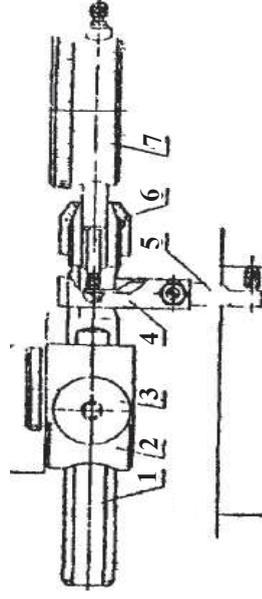


Рисунок 3.1.4 – Установка блока для расточки по приспособлению с индикатором: 1 – стержень оправки; 2 – головка приспособления; 3 – винт крепления стержня; 4 – хомут; 5 – мерительный рычаг; 6 – цапговый зажим; 7 – индикатор часового типа

Приспособление устанавливается в резьбовом отверстии в горле шпинделя. Допускается отклонение стрелки индикаторной головки не более 0,03 мм, для гильз двигателей ЗМЗ-53 не более 0,01 мм.

Рычажное приспособление может быть использовано для окончательной центровки цилиндра. Для этого следует по показанию индикаторной головки определить плоскость смещения цилиндра, направление и величину смещения и сдвинуть блок или приспособление-наладку в нужном направлении на необходимую величину, сверяя перемещение по индикаторной головке. В этом случае предварительную центровку можно производить более простыми способами, например, с помощью установочного конуса, одеваемого на конец шпинделя.

#### Расчет ремонтных размеров и режимов расточки

Ремонтный размер выбирают ближайший к возможному теоретическому ремонтному размеру, который подсчитывается по формуле

$$D_{грр} = D_{\max} + P_p + P_x \quad (3.1.2)$$

где  $D_{грр}$  – теоретический ремонтный размер, мм;  
 $D_{\max}$  – диаметр цилиндра в наиболее изношенной части, мм;  
 $P_p$  – припуск на расточки из условия устранения следов износа,  $P_p = 0,10 - 0,20$  мм;  
 $P_x$  – припуск на хонингование, мм.

При хонинговании алмазными брусками  $P_x = 0,10 \dots 0,12$  мм. Стандартный ремонтный размер должен быть больше теоретического, т. е.  $D_{См.рр} > D_{грр}$ . Значения стандартных ремонтных размеров приведены в приложении Б.

Диаметр расточки определяется по формуле

$$D_p = D_{См.рр} - P_x \quad (3.1.3)$$

где  $D_p$  – диаметр расточки, мм;  
 $D_{См.рр}$  – стандартный ремонтный размер, мм.

Частота вращения шпинделя расточного станка

$$n_p = \frac{V_p}{P_p \cdot D_p}, \quad \text{или} \quad n_p = \frac{1000V_p}{P_p \cdot D_p}, \quad (3.1.4)$$

где  $n_p$  – частота вращения шпинделя расточного станка,  $c^{-1}$ ;  
 $V_p$  – скорость резания соответственно м/с, м/мин;  
 $P_p$  – припуск на расточки из условия устранения следов износа, мм.

Частота вращения шпинделя принимается по паспорту станка, причём  $n_{пр} < n_p$

Вылет реза для расточки цилиндра под  $D_p$  может быть установлен по микрометру или по наезднику (рис. 3.1.2). Расчет вылета реза производится соответственно (рис. 3.1.3б)

$$P_M = \frac{D_p + d_r}{2}, \quad (3.1.5)$$

где  $P_M$  – расчет вылета реза по микрометру, мм;

$$P_H = \frac{D_p - d_r}{2}, \quad (3.1.6)$$

где  $P_H$  – расчет вылета реза по наезднику, мм.

Машинное время расточки

$$t_p = \frac{L_p}{n_p \cdot S}, \quad \text{мин}, \quad (3.1.7)$$

где  $L_p$  – длина цилиндра, мм;  
 $S$  – подача, мм/об.

#### Контроль цилиндра после расточки

Расточенный цилиндр измеряют в 2-х взаимно перпендикулярных плоскостях в верхнем и нижнем сечениях. Определяют соответствие расточенного диаметра величине  $D_p$ , а также овальность и конусность цилиндра, что служит оценкой качества расточки.

#### Порядок выполнения лабораторной работы

1. Измерить изношенный цилиндр, определить характер износа цилиндра и необходимость в его ремонте, назначить способ ремонта (при необходимости). Цилиндр брать по указанию преподавателя.
2. Ознакомиться с устройством расточного станка.
3. Определить теоретический и стандартный ремонтные размеры цилиндра, диаметр расточки; рассчитать вылет центриру-

ющей оправки и резца, выбрать и рассчитать параметры резца.

4. Установить упоры автоматического выключения станка в верхнем и нижнем положениях. Упоры устанавливать при некотором смещении блока от шпинделя станка в сторону от резца.
5. Установить центрирующую оправку на рассчитанный вылет, установить блок цилиндров или установочную наладку на стол станка и закрепить на столе. Проверить точность центровки оправкой с индикаторной головкой. Если на верхней части цилиндра нет фаски и забоин, то предварительную центровку можно производить по установочному конусу без применения центрирующей оправки. По окончании центровки вынуть центровочную оправку из гнезда, а оправку с индикаторной головкой оставить до окончательной заточки крепежных болтов в качестве индикатора возможного смещения блока, индикаторная головка, повернутая ножкой в направлении затягиваемого болта, не должна регистрировать отклонений.
6. Установить резец на вылет, необходимый для расточки, настроить станок на необходимую подачу и частоту вращения шпинделя, включить станок и произвести расточку цилиндра. При установке вылета резца с помощью наездника установить индикаторную головку наездника на "О" непосредственно на поверхности резцовой головки шпинделя. Цена деления шкалы на головке регулировочного винта резца составляет 0,02 мм.
7. Измерить цилиндр и определить точность расточки по диаметру и правильность геометрической формы цилиндра.

### Содержание отчета о работе

1. Составить технологическую карту на расточку цилиндра.
2. Составить протокол контроля цилиндра до расточки и после расточки.
3. Описать порядок установки гильз или блока цилиндров на операцию расточки.
4. Привести все расчетные данные и графики, полученные в результате выполненных исследований.

### Контрольные вопросы

1. Каков характер износа гильз цилиндров и причины его возникновения?
2. Как осуществляется контроль цилиндров и определение необходимости их ремонта?
3. Охарактеризуйте методы ремонта сопряжения цилиндра-поршень.
4. Опишите методику установления ремонтного размера цилиндра.
5. Как разделить оптимальный режим расточки цилиндра?
6. Опишите устройство станка для расточки цилиндров.
7. Каков порядок определения машинного времени расточки?

## Ч. 2. ХОНИНГОВАНИЕ ГИЛЬЗ ЦИЛИНДРОВ БЛОКА

### **Цель работы:**

1. Ознакомиться с приемами хонингования на станке ЗБ833 и основными дефектами и причинами их появления после обработки.
2. Изучить устройство станка ЗБ833, подобрать режим хонингования, проверить качество хонингования после операции финишной обработки.

**Оборудование, инструменты, приспособления:** станок ЗБ833; блок цилиндров (гильза); приспособление для крепления гильз; режущий инструмент; установочный конус; индикатор-нутромер; рабочая жидкость; стелаж для приборов и приспособлений; плакат по устройству станка ЗБ833.

### **Общие положения**

После расточки гильз (цилиндров) производят окончательную обработку – хонингование на вертикальном одношпиндельном хонинговальном станке модели ЗБ833.

Данный станок предназначен для хонингования отверстий гильз (цилиндров) диаметром от 67,5 до 145 мм и других, габариты которых допускают установку их двигателей на столе станка.

Характеристика станка ЗБ833.

Диаметр хонингуемого отверстия:

- наименьший 67,5 мм;
- наибольший 145 мм.

Длина хонингования:

- наименьшая 150 мм;
- наибольшая 400 мм.

Наибольшее вертикальное перемещение шпинделя 500 мм.

Вылет шпинделя 300 мм.

Расстояние от нижнего торца шпинделя до поверхности плиты 650 мм.

Число оборотов шпинделя 175...400 об/мин.

Скорость возвратно-поступательного движения 8,1...11,8 м/мин.

Регулировка скорости вращения шпинделя бесступенчатая.

Количество скоростей возвратно-поступательного движения – 6.

Рабочая поверхность плоскости основания 100x460 мм.

Габариты станка:

- длина 1380 мм;
- ширина 1120 мм;
- высота с выдвинутой рейкой 2480 мм.

Разжим брусков хонинговальной головки – автоматический и ручной.

В вертикально-хонинговальный станок входят следующие основные узлы:

- основание с системой охлаждения;
- колонна;
- ползун;
- коробка передач;
- вариатор;
- приспособления для крепления гильз и блоков.

Хонингование является одним из отделочных способов обработки детали. Резание при хонинговании осуществляется при помощи трех движений хонинговальных брусков: вращательно-относительно оси шпинделя, возвратно-поступательного вдоль оси шпинделя и движения радиальной подачи.

Радиальная подача может быть непрерывной на станках с гидравлическим или пневматическим прижимом брусков и прерывистой (дозированной), приходящейся на один двойной ход хонинговальной головки.

При сочетании трех движений режущие зерна брусков снимают микростружки. При этом на обработанной поверхности образуется сетка спиральных рисок, угол пересечения которых зависит от соотношения скоростей вращательного и возвратно-поступательного движений. При хонинговании скорость резания в 20–40 раз меньше, чем при шлифовании.

Различают два вида хонингования: размерное и отделочное.

Размерное хонингование предназначено для улучшения требуемой точности формы и размера отверстия, отделочное – для получения требуемой чистоты поверхности при некотором повышении точности формы отверстия. В ремонтной практике применяют оба вида хонингования.

Если необходимо снять большой припуск, улучшить форму, добиться размера отверстия и повысить чистоту поверхности детали, хонингование выполняют 2–3 раза.

При хонинговании получают лучшую форму обрабатываемого отверстия, чем при внутреннем шлифовании. Благодаря одинако-

вой величине радиальной подачи брусков хонинговальной головки снижается овальность, конусность отверстий, волнистость обрабатываемой поверхности.

Режущие зерна брусков срезают выступы микронеровностей, так как при малом удельном давлении на бруски и низкой температуре резания затрудняется проникновение зерен в поверхность обрабатываемой детали. Поэтому на производительность хонингования влияет шероховатость и направление следов предшествующей обработки, а также угол пересечения следов при хонинговании.

Физико-механические свойства режущих зерен и связки, структура расположения зерен алмазных брусков на металлической связке отличаются от свойств и структуры абразивных брусков. Абразивные бруски из зеленого карбида кремния на керамической связке состоят из абразивных зерен (50–55 %) и связки (12–15 %), остальной объем бруска заполняют поры.

Благодаря особому структурному строению и высокой стойкости алмазных брусков процесс алмазного хонингования отличается от абразивного. Так, при абразивном хонинговании процесс снятия стружки протекает циклически. В начале работы, когда обрабатываемая поверхность обладает большой шероховатостью, наблюдается износ связки, вырывание из нее абразивных зерен, в результате чего начинают резать новые зерна, снятие стружки возрастает. После затупления абразивных зерен металл снимается меньше и затупленные зерна выглаживают поверхность, повышая ее чистоту.

При обработке следующей детали брусок самозатачивается благодаря исходной шероховатости поверхности. Цикл обновления режущей поверхности бруска и его последующего затупления повторяется. Стружка, полая в пары брусков, при этом также удаляется.

Алмазное хонингование во время обработки одной детали не носит циклического характера. Алмазные зерна практически не теряют режущих свойств до полного истирания, поэтому отсутствует обновление рабочего слоя брусков в течение одного цикла обработки детали. Таким образом, образующаяся при хонинговании стружка накапливается между выступающими над связкой алмазными зернами, что приводит к «засаливанию» брусков. Поэтому при алмазном хонинговании важно правильно выбрать вид и способ подачи смазочно-охлаждающей жидкости для полного удаления стружки с режущей поверхности алмазных брусков.

Состав смазочно-охлаждающей жидкости выбирают в зависимости от вида обрабатываемого материала и вида хонингования.

При выборе жидкости следует иметь в виду, что повышение вязкости жидкости способствует улучшению чистоты обработки детали, а снижение повышает производительность процесса, чем выше твердость обрабатываемой детали, тем ниже должна быть вязкость смазочно-охлаждающей жидкости.

Составы рекомендуемых смазочно-охлаждающих жидкостей (в % по массе) приведены в таблице 3.2.1.

Таблица 3.2.1 – Составы смазочно-охлаждающих жидкостей

№ состава жидкости	Тринатрий фосфат	Нафтенное масло	Алizarиновое масло	Бура	Кальцинированная сода	Нитрат натрия	Вода
1	0,25	–	–	0,25	0,25	0,25	99,00
2	0,60	0,60	–	–	–	0,25	98,55
7	0,60	–	–	0,25	0,25	0,25	98,65
15	0,60	–	0,5	0,25	0,25	0,25	98,40

#### *Выбор режима хонингования цилиндров двигателей*

Алмазное хонингование автотракторных двигателей применяется в тех случаях, когда требуется высокая точность формы и размеров отверстия и чистота поверхности в пределах 0,8–0,1 мкм. Наибольшее распространение хонингование получило при восстановлении работоспособности цилиндров двигателей. В том случае, когда цилиндры двигателя изготовлены из закаленного чугуна, процесс хонингования выполняется в четыре этапа, черновое, получистое, чистовое и окончательное (табл. 3.2.2).

Примерные режимы алмазного хонингования чугуна твердостью до HB 250 приведены в таблице 3.2.3.

Таблица 3.2.2 – Режим хонингования цилиндров двигателей

Хонингование	Зернистость	Режим хонингования			Давление расклатки брусков, МПа	Припуск, мм	Машинное время, мин	Расход одного комп. брусков на количество деталей, шт.	Шероховатость поверхности после хонингования, мкм
		Окружная скорость, м/мм	Возратно-поступательная скорость, м/мм	Удельное давление, МПа					
Черное	АС 25	60	22	0,6–1,0	0,11	0,92	1650	3,2	
Получистое	АС 16	36	18	0,6–1,0	0,05	1,30	3400	1,6	
Чистое	АС 6	36	15	0,6–1,0	0,04	1,45	16000	0,4	
Окончательное	АСМ 20	16	18	0,6	до 0,005	0,22	19000	0,2	

Таблица 3.2.3 – Режимы алмазного хонингования чугуна (НВ250)

Номер зернистости	Концентрация алмазов, %	Режим обработки				Удельный расход алмазов, мг/г	Шероховатость поверхности после хонингования, мкм
		Удельное давление, МПа	Окружная скорость, м/мин	Возратно-поступательная скорость, м/мин	Припуск, мм на диаметр, мм		
АС 25	50	1,0–1,3	60–70	15–18	0,07–0,01	0,01–0,015	3,2
АС 16	50–100	0,8	60–70	15–18	0,07	0,05–0,08	1,6
АС 10	50	1,0–1,3	60–70	15–18	0,04–0,05	0,05	1,6–0,8

Номер зернистости	Концентрация алмазов, %	Режим обработки				Удельный расход алмазов, мг/г	Шероховатость поверхности после хонингования, мкм
		Удельное давление, МПа	Окружная скорость, м/мин	Возратно-поступательная скорость, м/мин	Припуск, мм на диаметр, мм		
АС 8	50	0,8	60	16	0,03–0,04	0,04–0,05	0,8
АС 6	50–100	0,6–0,8	60	14–16	0,02–0,03	0,03–0,04	0,8–0,4
СМ 40	50–100	0,4–0,6	45–60	14–16	0,005–0,01	0,02–0,03	0,4–0,2
СМ 20	50–100	0,4–0,6	40–50	10–12	0,005	–	0,2

Примечание. При хонинговании применена связка МП.

Для цилиндров тракторных и комбайновых двигателей, изготовленных из закаленного чугуна, режим хонингования несколько иной (табл. 3.2.4).

Таблица 3.2.4 – Режим хонингования закаленного чугуна

Тип станка	Операция хонингования	Окружная скорость, м/мин	Скорость возвратного движения, м/мин	Удельное давление по манометру, кгс/см <sup>2</sup>
ЗА83	Черновая	60	16–20	13–15
	Чистовая	60	16	9–10
	Окончательная	70	12	3–5

Режим хонингования закаленного чугуна на станках типа ЗА83 с гидравлической подачей и на станках типа ЗБ83 с механической подачей могут быть приняты следующие:

1. Окончательная обработка – полирование зеркала цилиндра до шероховатости поверхности 0,2–0,1 мкм.

2. Продолжительность каждой операции хонингования определяется величиной снимаемого припуска, исходной и допустимой погрешностью формы отверстия и требуемой чистой поверхности детали.
3. Для хонингования цилиндров двигателя ЗИЛ-130, изготовленных из чугуна СЧ-36 при использовании брусков хонинговальных крупнозернистых А8-А10, рекомендуются следующие режимы: снимаемый припуск 0,05–0,07 мм, удельное давление на бруски 0,65 Мпа, окружная скорость 77 м/мин, возвратно-поступательное движение 16 м/мин.
4. Машинное время 0,75...1,0 мин, шероховатость обрабатываемой поверхности Ra1,25 мкм, допускаемая эллипсность и конусность не должна превышать 0,01...0,02 мм.

### Порядок выполнения работы

1. В зависимости от конструкции обрабатываемой поверхности (гильза, блок цилиндров) на основание станка устанавливают приспособления, на которых закрепляют обрабатываемые детали. Для закрепления блоков цилиндров используют также непосредственно основание станка.
2. В соответствии с материалом и диаметром обрабатываемых отверстий устанавливают необходимую частоту вращения хонинговальной головки (см. формулу 3.1.4).
3. Длину хода хонинговальной головки определяют так

$$L = L_y + 2K \cdot m, \quad (3.2.1)$$

где  $L$  – длина хода хонинговальной головки, мм;

$L_y$  – длина обрабатываемого цилиндра, мм;

$K$  – коэффициент перебега бруска,  $K = 0,28 - 0,38$ ;

$m$  – длина бруска, мм.

4. Упоры механизма переключения возвратно-поступательного движения устанавливают на соответствующие деления согласно расчету, соблюдая при этом величину пробега в верхнем и нижнем положении хода.
5. Средством штурвала изменяют частоту вращения установленной найденную частоту вращения. С помощью сменных шестерён производят соответствие скорости шпинделя при возвратно-поступательном и вращательном движениях.

6. Определяют диаметр обрабатываемого отверстия, конусность, эллипсность, чистоту обработки и припуск на обработку.
7. Помещают хонинговальную головку в обрабатываемое отверстие и кнопкой «Ввод хода» подводят шпиндель к повороту хонинговальной головки и соединяют их.
8. Включают компрессор и доводят давление в ресивере до 0,6 МПа, затем краном регулируют давление воздуха предельно 0,1...0,5 МПа и с его помощью производят подачу воздуха в наддиафрагменную полость.
9. После включения вышеуказанных операций нажатием кнопки «Подача – пуск» включают привод возвратно-поступательного движения и нажатием кнопки «Шпиндель – пуск» включают вращение хонинговальной головки с одновременным включением подачи охлаждающей жидкости.
10. При выполнении процесса хонингования по амперметру необходимо следить за нагрузкой, которая не должна превышать 5А. В случае повышения давления воздуха, его необходимо снизить с помощью редукционного клапана.
11. После окончания хонингования нажать кнопку «Конец цикла», вывести головку из цилиндра, снять ее и выключить станок.
12. Произвести замер диаметра, эллипсности, конусности, шероховатости поверхности обрабатываемого цилиндра.
13. а) Величину производительности хонингования  $Q$  определяют по формуле

$$Q = \frac{\pi \cdot L_y \cdot (D_1 + D) \cdot \Delta D \cdot \gamma}{4000 \cdot \tau}, \quad (3.2.2)$$

где  $L_y$  – длина хонингуемого отверстия, мм;

$D$  – диаметр отверстия до хонингования, мм;

$D_1$  – диаметр отверстия после хонингования, мм;

$\Delta D$  – припуск (на диаметр), мм;

$\gamma$  – удельный вес обрабатываемого металла,  $\gamma = 7,8 \text{ г/см}^3$ ;

$\tau$  – машинное время, мин.

- б) Определить коэффициент исправления овальности

$$K_b = \frac{F_{\text{ср.рас.}}}{F_{\text{ср.хон}}}, \quad (3.2.3)$$

## КОМПЛЕКТОВАНИЕ И СБОРКА ШАТУННО-ПОРШНЕВОЙ ГРУППЫ

### Цель работы:

1. Изучить устройство и назначение оборудования, приспособлений и инструментов для комплектования и сборки шатунно-поршневой группы.
2. Получить практические навыки в комплектовании и сборке шатунно-поршневой группы.

**Оборудование, приспособления и инструменты:** универсально-расточной станок УРБ-ВП; пресс гидравлический ОКС-1671М; приспособление для проверки упругости поршневых колец КИ-040; весы В10 с набором гирь; тиски слесарные параллельные; приспособление для проверки изгиба и скрученности шатуна КИ-724; приспособление для правки шатунов; установка для подогрева поршней ОКС-1650; приспособление для проверки плотности прилегания поршневого кольца к цилиндру (собственно-го изготовления); приспособление МП-37 для установки поршневых колец на поршень; приспособление для установки стопорных колец поршневого пальца в бобышки поршня; комплект наставок для запрессовки и выпрессовки втулок верхней головки шатуна и поршневых пальцев; пресс реечный с оправкой для сборки ППП; измерительные инструменты (микрометры МК-25; МК-50; МК-75; МК-100; МК-125; индикаторные нутромеры НИ 18-50; 100-160; 50-100 мм; шуп № 2; стойки для микрометра; штангенциркуль ШЦ-II, приспособление для измерения вылета реза с индикаторной головкой; набор слесарного инструмента; дорны для обработки втулки верхней головки шатуна под поршневой палец; технические карты и условия на дефектацию и комплектование деталей двигателя.

### Общие положения

**Комплектование** – это работы по контролю и подбору деталей, узлов, которые облегчают подгонку сопряжений и качественное выполнение сборочных операций. Необходимость в комплекто-

где  $K_b$  – коэффициент исправления овальности;  
 $\Gamma_{\text{Ср. РАС}}$  – средняя овальность гильз после расточки, мм;  
 $\Gamma_{\text{Ср. ХОН}}$  – хонингование, мм.

$$\Gamma_{\text{Ср. РАС}} = \frac{\sum \Gamma}{n}, \quad (3.2.4)$$

где  $\sum \Gamma$  – суммарная овальность, мм;  
 $n$  – число гильз, шт.

### Содержание отчета о работе

1. Порядок установки гильз и головки блока.
2. Расчетные данные и графики, полученные в результате выполненных исследований.
3. Выводы.

### Контрольные вопросы

1. Проведите расчет вылета реза расточного станка и способ его установки.
2. Как осуществляется контроль качества расточки цилиндра?
3. Укажите основные дефекты и причины их появления после расточки.
4. Определите производительность хонингования.
5. Назовите материалы, используемые при хонинговании.
6. Каковы виды хонингования, применяемые при финишной обработке?
7. Охарактеризуйте дефекты, возникающие после хонингования.

вании вызвана использованием на ремонтных предприятиях трех групп деталей: новых, восстановленных и бывших в эксплуатации, но с допустимыми размерами (износами).

Комплектование деталей в узлы может выполняться по системе полного обезличивания деталей или с частичным обезличиванием. Не допускается обезличивание крышек нижней головки шатунов и шатунных болтов с гайками, вкладышей нижней головки шатуна (если они годные без ремонта).

Детали, имеющие большие поля допусков, сортируют на разные группы. В них входят гильзы, поршни, поршневые пальцы. Комплектование деталей шатунно-поршневой группы в один комплект проводится по размерам (размерным группам) и по массе в соответствии с их маркировкой. Допустимые значения отклонений по размерам и массе деталей установлены в технических условиях. У поршневых колец, кроме размеров, измеряется упругость на специальных приспособлениях.

На рабочем месте комплектовщика имеются различные стеллажи для складирования, подставки, столы, контейнеры и специальное оборудование для контроля и подгонки деталей в соединенных. Вместе с деталями в комплектующее отделение поступает ведомость дефектов. По этой ведомости и комплектующей карте на различные узлы все необходимые детали собираются в комплект, а при необходимости производится их частичная сборка.

С целью облегчения процесса комплектования деталей двигателя на детали наносятся установленные техническими требованиями метки, цифры и буквы и определенного цвета краски (отличные от красок, наносимых при дефектации деталей), которые характеризуют весовые и размерные группы деталей. Шатунно-поршневая группа двигателя включает следующие детали: шатун с крышкой, болтами, гайками, стопорными шайбами и втулкой верхней головки, поршень с кольцами (поршневыми и маслосъемными), поршневой палец, стопорные кольца. Подбор поршней производится для определенной группы гильз цилиндров.

### Порядок выполнения работы

1. Подобрать один комплект (на двигатель) гильз одной размерной группы из таблицы 4.1.

Установить размерную группу поршня по меткам, массу по цифрам и размер отверстия бобышки поршня по цвету краски или

маркировке. Проверить перпендикулярность оси отверстия в бобышках к оси поршня и размеры непосредственным измерением (рис. 4.1), результаты занести в таблицу 4.1 отчета. Поршни измеряют по юбке на расстоянии 2–3 мм от края и в плоскости, перпендикулярной поршневому пальцу. Допустимое отклонение поршней по массе дано в таблице 4.2.

Таблица 4.1 – Размеры гильз и поршней автотракторных двигателей

Марка двигателя	Обозначение размерной группы	Внутренний диаметр гильз, мм	Диаметры поршней, мм	Ремонтные размеры, мм	
				гильз	поршней
ЯМЗ-240Б ЯМЗ-238НБ А-01М, А-41	А	130 <sup>+0,01</sup>	130 <sup>-0,19</sup> <sub>-0,20</sub>		
	АА	130 <sup>+0,02</sup> <sub>+0,01</sub>	130 <sup>-0,18</sup> <sub>-0,19</sub>		
	ААА	130 <sup>+0,03</sup> <sub>+0,02</sub>	130 <sup>-0,17</sup> <sub>-0,18</sub>		
СМД-60 СМД-62 СМД-64	Б	130 <sup>+0,04</sup> <sub>+0,02</sub>	130 <sup>-0,16</sup> <sub>-0,18</sub>		
	С <sub>1</sub>	130 <sup>+0,02</sup> <sub>+0,01</sub>	130 <sup>-0,17</sup> <sub>-0,19</sub>		
	С <sub>2</sub>	130 <sup>+0,03</sup> <sub>+0,02</sub>	130 <sup>-0,16</sup> <sub>-0,17</sub>		
	М	130 <sup>+0,02</sup>	130 <sup>-0,18</sup> <sub>-0,20</sub>		
Д-108	Б	145 <sup>+0,08</sup> <sub>+0,06</sub>	145 <sup>-0,28</sup> <sub>-0,30</sub>		
	С <sub>1</sub>	145 <sup>+0,06</sup> <sub>+0,04</sub>	145 <sup>-0,30</sup> <sub>-0,32</sub>	145,7	146,5
	С <sub>2</sub>	145 <sup>+0,04</sup> <sub>+0,02</sub>	145 <sup>-0,32</sup> <sub>-0,34</sub>		
	М	145 <sup>+0,02</sup>	145 <sup>-0,134</sup> <sub>-0,36</sub>		
СМД-14 СМД-15К СМД-17К, 18К	Б	120 <sup>+0,06</sup> <sub>+0,04</sub>	120 <sup>-0,16</sup> <sub>-0,18</sub>		
	С	120 <sup>+0,04</sup> <sub>+0,02</sub>	120 <sup>-0,18</sup> <sub>-0,20</sub>	120,7	120,7
	М	120 <sup>+0,02</sup>	120 <sup>-0,20</sup> <sub>-0,22</sub>		

Продолжение

Марка двигателя	Обозначение размерной группы	Внутренний диаметр гильз, мм	Диаметры поршней, мм	Ремонтные размеры, мм	
				гильз	поршней
Д-50 Д-240	Б	$110^{+0,06}_{+0,04}$	$110^{+0,10}_{-0,12}$	110,7	110,7
	С	$110^{+0,04}_{+0,02}$	$110^{+0,12}_{-0,14}$		
	М	$110^{+0,02}$	$110^{+0,14}_{-0,16}$		
Д-46 Д-65	Б	$110^{+0,07}_{+0,04}$	$110^{+0,14}_{-0,16}$	110,7	110,7
	С	$110^{+0,04}_{+0,02}$	$110^{+0,16}_{-0,18}$		
	М	$110^{+0,02}$	$110^{+0,18}_{-0,20}$		
ЗМЗ-53	Пять размерных групп через 0,012 мм АБВГД	92 <sup>+0,012</sup>	92 <sup>+0,012</sup>	92,5 <sup>+0,012</sup>	92,5 <sup>+0,012</sup>
				93 <sup>+0,012</sup>	93 <sup>-0,012</sup>
				93,5 <sup>+0,012</sup>	93,5 <sup>-0,012</sup>
ЗИЛ-130	А	$100^{+0,06}_{+0,05}$	$100^{+0,02}_{+0,01}$	100,5	100,5
	АА	$100^{+0,05}_{+0,04}$	$100^{+0,01}$	100,5	100,5
	Б	$100^{+0,04}_{+0,03}$	$100^{+0,01}$	101,0	101,0
	ББ	$100^{+0,03}_{+0,02}$	$100^{+0,01}_{-0,02}$	101,5	101,5

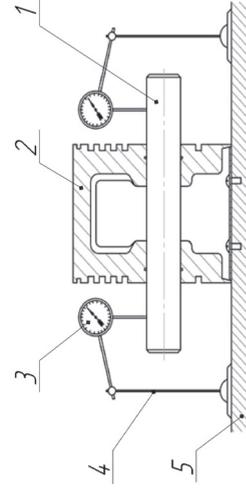


Рисунок 4.1 – Проверка перпендикулярности оси отверстия в бобышках к оси поршня:

1 – установочная ось; 2 – поршень; 3 – индикатор; 4 – стойка; 5 – поверочная плита

Таблица 4.2 – Допустимая разница в массе деталей при комплектовании шатуно-поршневой группы

Марка двигателя	Разность в массе, г, не более			Марка двигателя	Разность в массе, г, не более		
	поршней	шатун	поршней и шатунов		поршней	шатун	поршней и шатунов
ЯМЗ-240Б ЯМЗ-38НБ	10	20	30	СМД-60, 62,64	7	10	17
А-01М, А-41	10	20	30	Д-48,65	10	20	35
Д-108	10	40	50	Д-240	10	10	20
СМД-14, 15К, 17К, 18К	10	12	22	ЗМЗ-53	3	5	8
				ЗИЛ-130	2	12	16

2. Подобрать комплект шатунов по массе, сравнить их с допустимыми отклонениями и результаты занести в таблицу 4.5 отчета.

3. Выпрессовать из верхней головки шатуна втулку, измерить внутренние диаметры отверстий верхней и нижней головок шатуна, проверить шатуны на изгиб и скрученность (рис. 4.2) на специальном приспособлении КИ-724, результаты замера занести в таблицу 4.5 отчета.

4. Для шатунов двигателей всех марок на 100 мм длины (расстояние между контрольными штырями наездника приспособления) нормальное значение изогнутости составляет 0,04 мм; скрученности – 0,06 мм. Предельные значения соответственно равны 0,08 и 0,12 мм. При проверке шатунов гайки шатунных болтов затягивают моментом 140...150 Нм.

5. Подобрать комплект поршневых пальцев по нанесенной краске на внутренние поверхности пальцев и измерить диаметры пальцев в местах соединения с бобышками поршня и втулкой верхней головки шатуна (приложение Е). Результаты замеров занести в таблицу 4.5 отчета.

6. Подобрать комплект поршневых колец нормального или ремонтного размера по поршням, измерить на приспособлении зазор

в замке шупом № 4. Если тепловой зазор в стыке замка поршневых колец больше величин, указанных в таблице 4.3, то кольца надо заменить: если меньше – их следует подогнать, спиливая напильником один торец кольца, зажатый в специальном приспособлении для запилков поршневых колец.

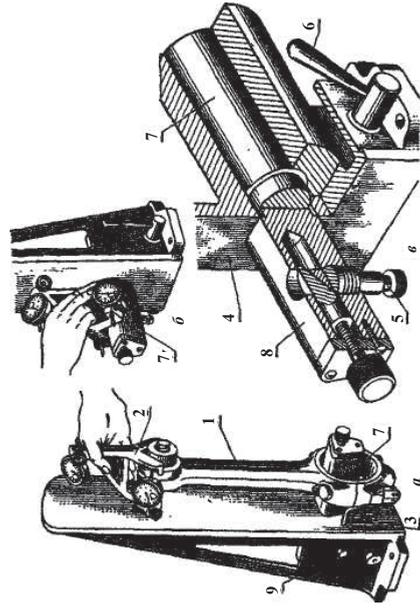


Рисунок 4.2 – Прибор КИ-724 для проверки шатунов:

*а* – установка шатуна на приборе; *б* – установка стрелок индикатора на ноль; *в* – устройство оправки; 1 – шатун с крышкой; 2 – призма с индикаторами; 3 – ограничитель; 4 – плита; 5 – рукоятка; 6 – рукоятка; 7 – оправка; 8 – опорная поверхность оправки; 9 – зажимной винт

7. Проверить кольца на прилегание к зеркалу цилиндра на специальном приспособлении с электрической лампочкой (рис. 4.3). В зазор между кольцами и гильзой будет проникать свет. Допускаются местные зазоры не более 0,02...0,03 мм на дуге в 30° в двух местах. Величину зазора измеряют шупом № 2. На поршень любого двигателя можно устанавливать кольца, у которых просвет между зеркалом гильзы и кольцом не превышает 0,03 мм на длине дуги 60 мм.

8. Проверить зазор по высоте между поршневой канавкой и кольцом, который должен быть в пределах, приведенных в таблице 4.4. Высоту поршневой канавки проверить шаблоном (рис. 4.4)

9. Проверить упругость поршневых колец на специальном приспособлении КИ-040 (рис. 4.5). Для этого в отрегулированное «на нуль» приспособление устанавливают кольцо и специальным зажимом сжимают его до нормального зазора в замке. Затем стопо-

рят подвижный упор приспособления винтом и, открыв весовой механизм, добиваются равновесия. Упругость поршневых колец должна быть в пределах, указанных в таблице 4.3.

Таблица 4.3 – Зазоры в замке поршневых колец и упругость колец

Марка двигателя	Компрессионное верхнее кольцо		Компрессионное кольцо		Маслосъемное кольцо	
	Зазор, мм	Упругость, Н	Зазор, мм	Упругость, Н	Зазор, мм	Упругость, Н
ЯМЗ-240Б, ЯМЗ-238НБ, А-01М, А-41	0,45–0,65	26–35	0,45–0,65	22–31	0,45–0,65	26–37
СМД-60, 62, 64	0,45–0,65	22–31	0,45–0,65	22–31	0,45–0,65	18–30
Д-108	0,70–1,10	120–170	0,60–0,85	80–120	0,50–0,90	49–82
СМД-14, СМД-15К, СМД-17К, СМД-18К	0,35–0,55	60–85	0,30–0,50	60–85	0,30–0,50	55–85
Д-240	0,78		0,40–0,78	60–85	0,40–0,78	33–52
Д-65, Д-48	0,48–0,80	46–68	0,48–0,80	46–69	0,48–0,80	20–45
ЗМЗ-53	0,30–0,50	19–27	0,30–0,50	44–54	0,30–0,50	32–44
ЗИЛ-130	0,25–0,60	20	0,25–0,60	44–54	0,90–1,50	32–40

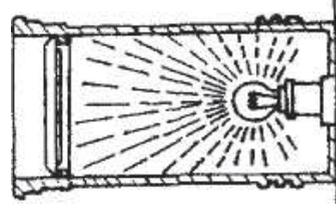


Рисунок 4.3 – Проверка плотности прилегания поршневого кольца к цилиндру

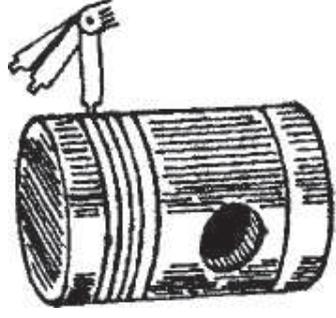


Рисунок 4.4 – Измерение высоты поршневой канавки шаблоном

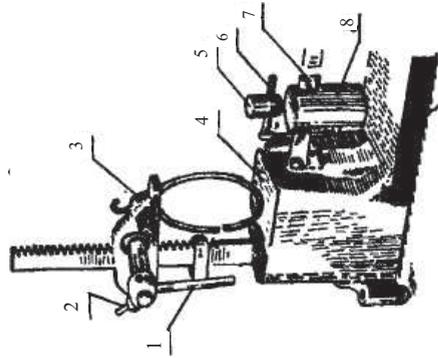


Рисунок 4.5 – Проверка упругости поршневых колец:

- 1 – рукоятка; 2 – зажимной болт;
- 3 – подвижный упор; 4 – упорная пласка;
- 5 – вспомогательный груз; 6 – вспомогательная шкала; 7 – основная шкала; 8 – основной груз

10. Подобрать комплект поршневых пальцев по размерным группам. Размерные группы поршня и поршневого пальца маркируют краской, буквенными или цифровыми индексами. Маркировка на поршне нанесена на бобышке, а на поршневом пальце – на внутренней поверхности или торцах. При комплектовании поршневого пальца его размерная группа должна быть одинаковой с размерной группой поршня.

11. Подобрать комплект втулок верхней головки шатуна, измеряя наружный диаметр втулки и внутренний диаметр верхней головки шатуна. Втулки в сопряжении с верхней головкой шатуна должны иметь натяг 60–100 мкм. Запрессовать втулку в верхнюю головку шатуна на прессе с помощью специальной наставки.

12. Расточить втулки верхней головки шатуна на станке УРБ-ВП. В сопряжении втулка верхней головки шатуна – поршневой палец должен быть зазор (натяг), указанный в таблице приложения Е. Вылет реза  $h_r$  или установочный размер  $H_r$  определяются по формулам 4.1 и 4.2 и рисунку 4.6.

$$h_p = \frac{d_n - d_w}{2} = S - a, \quad (4.1)$$

$$H_p = \frac{d_n - d_w}{2} = S - a, \quad (4.2)$$

- где  $h_p$  – вылет реза, мм;
- $H_p$  – вылет реза, мм;
- $d_n$  – диаметр поршневого пальца в сопряжении с втулкой, мм;
- $d_w$  – диаметр шпинделя станка УРБ-ВП, мм;
- $a$  – припуск на дорнование, мм;
- $S$  – зазор в соединении палец-втулка, мм.

После расточки провести дорнование отверстия на прессе.

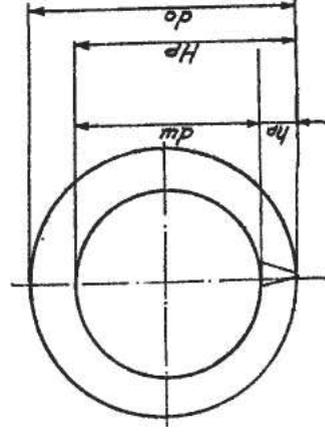


Рисунок 4.6 – Схема расчета вылета реза при растачивании отверстия втулки верхней головки шатуна

Таблица 4.4 – Зазор в канавке поршня с поршневыми кольцами по высоте, мм

Марка двигателя	Компрессионные кольца		Маслосъемные кольца	
	нормальные	допустимые	нормальные	допустимые
ЯМЗ-240Б	0,18–0,22	0,22	0,086–0,127	0,127
ЯМЗ-238НБ	0,15–0,19	0,19		
А-01М, А-41	0,13–0,19			
СМД-60, 62, 64	0,18–0,24	0,30	0,086–0,127	0,25
Д-108	0,08–0,12	0,30	0,040–0,085	0,20
СМД-14 и его модификации	0,08–0,125	0,24	0,040–0,085	1,18
Д-50, Д-240	0,08–0,125	0,22	0,150–0,215	0,30
Д-65	0,08–0,125	0,22	0,150–0,215	0,30
Д-48	0,050–0,095	0,18	0,250–0,335	0,40
ЗМЗ-53	0,05–0,08		0,047–0,067	
ЗИЛ-130	0,050–0,082		0,047–0,067	

13. Собрать поршень с шатуном. Поршни нагреть до температуры 80...100 °С. Затем клещами установить поршень под шток прессы на подставку с призматическим углублением так, чтобы отверстие под поршневой палец было прогнито прессом. Прогреть и смазать моторным маслом втулку верхней головки шатуна. У двигателей Д-240 пазы в нижней головке шатуна под выступы вкладышей и выемка камеры стирания поршня должны быть с одной стороны.

У двигателей СМД-60, 62, 64 головка шатуна со штифтом должна быть обращена в сторону маховика, а лыска на днище поршня – вперед.

У двигателей ЗМЗ-53А: для правого ряда цилиндров номер на шатуне должен быть обращен назад по ходу автомобиля, а для левого ряда – вперед (номер на шатуне совпадает с надписью на поршне). Правильно расположив шатуны и поршни для их сборки, вставить центрирующую оправку с поршневым пальцем в отверстие бобышки поршня и втулку верхней головки шатуна и запрессовать поршневой палец.

14. Установить стопорные кольца в выточку бобышек поршня по краям поршневого пальца. Надеть маслосъемные и поршневые кольца с помощью приспособления МП-37. Поршневые кольца с фасками и выточками ставят на поршни так, чтобы фаски или выточки были направлены вверх, в сторону головки блока. Правильно собранные кольца должны плавно перемещаться в канавках и утопаться в них под действием собственного веса при повороте поршня вокруг горизонтальной оси.

### Содержание отчета о работе

1. Цель работы и применяемое оборудование.
2. Привести результаты измерения износов деталей ШПП в таблице 4.5.
3. Составить схему сборки ШПП с указанием контрольных операций (для студентов специальности ТС в АПК).
4. Сделать выводы.

Таблица 4.5 – Карта дефектации деталей шатунно-поршневой группы

Наименование детали	Контролируемая поверхность	Размеры, условия		Заключение о годности детали или комплекта ШПП
		Действительный размер, мм	Допустимый размер в соединении, мм с новыми деталями с бывшими деталями в эксплуатации	
Гильза двигателя СМД-14	Внутренний диаметр	120	119,98	годна
и так далее				

### Контрольные вопросы

1. Как проверяется взаиморасположение осей шатуна?
2. Каким образом комплектуются поршень и палец, поршень и гильза?
3. Назовите способы подгонки кольца по канавке поршня и зазор в замке.
4. Как подбирается комплект деталей шатунно-поршневой группы?
5. Каким способом проверяется упругость колец?
6. Как и по каким показателям проверяется качество прилегания поршневых колец к внутренней поверхности гильзы?
7. В какой последовательности собирается шатунно-поршневой комплект?
8. Как обеспечивается зазор в соединении поршневой палец – втулка?
9. Назовите назначения и виды маркировки деталей ШПП при комплектовании.
10. Назовите основные задачи, выполняемые при комплектовании деталей двигателя.

**РАСТОЧКА ГНЕЗД КОРЕННЫХ ПОДШИПНИКОВ  
КОЛЕНЧАТОГО ВАЛА И ГНЕЗД ВТУЛОК  
РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОГО ВАЛА В БЛОКЕ ЦИЛИНДРОВ,  
УКЛАДКА КОЛЕНЧАТОГО ВАЛА В БЛОК**

**Ч. 1. РАСТОЧКА ГНЕЗД КОРЕННЫХ ПОДШИПНИКОВ  
КОЛЕНЧАТОГО ВАЛА И ВТУЛОК  
РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОГО ВАЛА БЛОКА ЦИЛИНДРОВ**

**Цель работы:**

1. Изучить назначение, устройство и порядок работы на расточном станке РД-2.
2. Получить практические навыки по выполнению расточки блока цилиндров на данном станке.

**Оборудование, инструменты, приспособления:** горизонтально-расточной станок НИИАТ РД-2; комплект борштанг и сменных планок для установки блока цилиндров; блок цилиндра двигателя ГАЗ-51; динамометрический ключ; индикаторное приспособление для дефектовки постелей блоков цилиндров; индикаторное приспособление для установки резцов; индикаторные нутромеры 35–50 мм и 50–75 мм; индикаторный глубиномер 0–100 мм; набор концевых мер длины 15,0; 15,1; 15,3.

**Общие положения**

Блоки цилиндров автотракторных двигателей под действием сложных нагрузок, значительного температурного градиента в цилиндрах, протекания естественного старения чугуна, а также воздействия сил трения подвергаются деформации и получают износы отдельных поверхностей.

В результате деформации и износа блоков двигателей нарушается цилиндричность и соосность гнезд коренных подшипников, а также параллельность осей коленчатого и распределительного валов.

Даже при незначительных отклонениях этих параметров от технических условий возможна авария двигателя (выплавление и прорывание вкладышей, поломка коленчатого вала, износ распределительных шестерен).

При износе гнезд коренных подшипников применяются следующие способы восстановления:

1. Нанесение покрытий газопорошковой и газовой наплавкой, электролитическим железнением, эпоксидными компаундами и последующее растачивание под номинальный размер.
2. Растачивание гнезд коренных подшипников под ремонтные вкладыши с увеличением наружного диаметра.
3. Сборка производится с фрезерованными по плоскости резема крышками под номинальный размер. Этот способ допускается при незначительных износах, но не рекомендуется, так как сопровождается уменьшением литража двигателя, возникновением несоосности коленвала и первичного вала коробки передач.
4. Отверстия гнезд коренных подшипников блоков двигателя растачиваются по первому классу точности на специальном расточном станке РД-2.

**Описание конструкции станка РД-2**

Горизонтально-расточной станок НИИАТ РД-2 предназначен для расточки гнезд коренных подшипников коленчатого вала и втулок распределительного вала блока цилиндров двигателя.

Основными узлами станка является станина, редуктор, привод вращения борштанг с электродвигателем, опорная плита в сборе и система гидропривода.

На станке монтируются все узлы.

Опорная плита предназначена для установки и крепления обрабатываемого блока цилиндров и рабочего инструмента. Технологическими базами блока цилиндров при обработке являются прибалочная плоскость масляного картера и два технологических отверстия в блоке.

Обрабатываемый блок устанавливается на опорные планки и установочные штифты, крепится блок с помощью двух прижимов. Расточка гнезд коренных подшипников производится большой борштангой, малая борштанга предназначена для обработки втулок распределительного вала.

Для приподнятия блока цилиндров при установке борштанг в опорные подшипники на опорной плите смонтирован подъемный механизм, состоящий из четырех штырей, двух эксцентричных валиков, соединенных тягой, приводимых в движение ручкой.

Редуктор привода вращения борштанг с электродвигателем, установленный на подвижной плите, предназначен для понижения числа оборотов электродвигателя до заданных значений скоростей вращения борштанг и для передачи движения подачи борштанг. Привод редуктора осуществляется от электродвигателя посредством клиноременной передачи. Вращение к малой борштанге передается от шкива редуктора через первый вал, хвостовик и соединительную муфту.

Вращение к большой борштанге передается от вала через шестерни, вал, хвостовик и соединительную муфту. Необходимый ход подачи обеспечивается концевыми выключателями и соответствующей установкой на подвижной плите кулачков. Одновременно с отключением гидросистемы автоматически выключается электродвигатель привода вращения борштанг.

#### *Гидравлическая система подачи*

Гидравлическая система подачи предназначена для осуществления подачи режущего инструмента с регулируемой скоростью.

Гидравлическая система подачи состоит: из бачка для масла; насоса, приводимого в движение электродвигателем; фильтра для очистки масла; предохранительного клапана с переливным золотником, для слива масла из системы при повышении давления выше установленного  $12 \text{ кг/см}^2$ ; манометра для контроля давления в системе; крана управления, при помощи которого осуществляется изменение направления движения подачи; дросселя с регулятором; обратного клапана; гидроцилиндра с поршнем; системы трубопроводов.

Гидросистема подачи станка работает следующим образом:

В положении крана управления, соответствующем рабочему ходу подачи при включении в работу насосного агрегата, насос подает масло из бачка через фильтр и кран управления в гидроцилиндр с левой стороны поршня. Когда давление в цилиндре достигает требуемой величины, поршень начинает перемещаться вправо, приводя в движение подвижную плиту редуктора. При этом масло из правой части цилиндра поршнем будет вытесняться и через дроссель сливаться в бачок. Чем больше сечение пропускного отверстия, тем больше скорость подачи, и наоборот.

В положении крана управления, соответствующем обратному ходу подачи, скорость поршня при этом же сечении проходного отверстия

будет больше, чем при рабочем ходе. Заданное давление в гидросистеме обеспечивается предохранительным клапаном.

Борштанги (рис. 5.1.1) для обработки блока цилиндров представляют собой цилиндрические валы 3, в которых имеются отверстия для размещения резцов 5. Резцы устанавливаются на заданный размер с помощью винтов 4 и фиксируются винтами 2. Борштанги оснащены резцами с пластинками ИК-6.

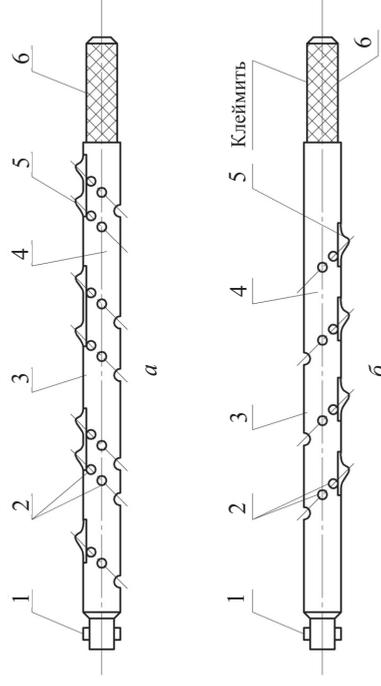


Рисунок 5.1.1 – Большая (а) и малая (б) борштанги:

1 – поводок; 2 – стопорный винт; 3 – вал; 4 – установочный винт; 5 – резец; 6 – ручка

Количество малых борштанг определяется числом необходимых ремонтных размеров втулок распределительного вала.

Для установления резцов в борштангах на заданный размер точки используется специальное приспособление (рис. 5.1.2).

Основной частью приспособления является призма, при помощи которой достигается точная установка приспособления на теле борштанги.

#### *Установка резцов в борштангах*

При установке резцов в борштангах на заданные размеры точки с помощью приспособления необходимый вылет резца устанавливается по мерным плиткам, с использованием для этого тела самой борштанги.

Резцы малой борштанги (рис. 5.1.1б) устанавливаются на размеры проточки согласно ремонтным размерам втулок распределительного вала. Расчет вылета резца производится согласно приводимому в следующем разделе указанию.

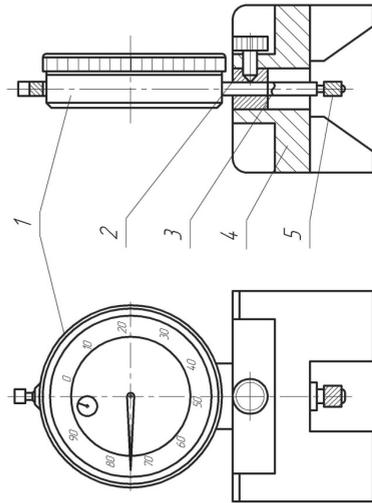


Рисунок 5.1.2 – Приспособление для установки резцов:

- 1 – индикатор; 2 – стопорный винт; 3 – втулка разрезная; 4 – призма;  
5 – резец; 6 – ножка индикатора

Установка резцов на требуемый размер производится в следующем порядке.

Установить приспособление для установки резцов рабочими поверхностями призмы на цилиндрическую поверхность борштанги. Затем, набранные на заданный размер вылета резца плитки или соответствующий калибр установить на цилиндрической поверхности борштанги ножкой так, чтобы опорные плоскости плиток или калибра на глаз были перпендикулярны оси ножки индикатора.

При этом пружина индикатора должна быть заведена не меньше, чем на один оборот стрелки, после этого нулевое деление циферблата индикатора надо совместить с большой стрелкой индикатора и заметить положение маленькой стрелки.

Таким образом, индикатор приспособления установлен на заданный размер вылета резца. Сняв плитки или калибр с борштанги, вставить в гнездо резец. Затем приспособление вновь установить на борштанге так, чтобы опорная плоскость ножки индикатора находилась против вершины резца. Ввертывая установочный винт 4, подать резец до упора его вершины в опорную плоскость ножки индикатора до совмещения маленькой стрелки с делением, на котором она была при установке индикатора по плиткам или по калибру, а большой стрелки с нулевым делением циферблата.

#### Определенные размеры вылета резца «А»

Определение размера вылета резца производится по приближенной формуле:

$$\frac{D_p - D_0}{2} = A, \quad (5.1)$$

где  $A$  – вылет резца с допуском, мм;

$D_p$  – диаметр, под который необходимо расточить гнездо подшипника колчатого вала или втулку распределительного вала, взятый с верхним, а затем с нижним отклонением;

$D_0$  – действительный размер борштанги, взятый с точностью до 0,01 мм.

По формуле (5.1) определяется минимальный вылет резца по диаметру отверстия  $D_p$ , взятому с нижним отклонением, и максимальный вылет резца по диаметру  $D_0$  с верхним отклонением. Номинальные и ремонтные размеры отверстий во втулках распределителя двигателя представлены в таблице 5.1.1.

Таблица 5.1.1 – Номинальные и ремонтные размеры отверстий во втулках распределителя

Наименование размеров	Уменьшение диаметра	Диаметр отверстия во втулке, мм			
		Передняя	Вторая	Третья	Задняя
Номинальный	–	$\frac{52,025}{52,050}$	$\frac{51,025}{51,050}$	$\frac{50,025}{50,050}$	$\frac{48,025}{48,050}$
Первый ремонтный	0,20	$\frac{51,825}{51,850}$	$\frac{50,825}{50,850}$	$\frac{49,825}{49,850}$	$\frac{47,825}{47,850}$
Второй ремонтный	0,40	$\frac{51,625}{51,650}$	$\frac{50,625}{50,650}$	$\frac{49,625}{49,650}$	$\frac{47,625}{47,650}$
Третий ремонтный	0,60	$\frac{51,425}{51,450}$	$\frac{50,425}{50,450}$	$\frac{49,425}{49,450}$	$\frac{47,425}{47,450}$
Четвертый ремонтный	0,80	$\frac{51,225}{51,250}$	$\frac{50,225}{50,250}$	$\frac{49,225}{49,250}$	$\frac{47,225}{47,250}$

Затем определяется среднее арифметическое значение вылета резца, по которому и выполняется установка резца в борштанге.

Можно необходимый вылет реза считать, прибавив к минимальному вылету реза  $\frac{1}{4}$  допуска на обрабатываемое отверстие. Окончательная настройка вылета резцов в борштанге производится после пробной расточки блока цилиндров.

#### *Порядок работы на станке*

Основные операции, производимые на станке при капитальном ремонте блока цилиндров, следующие.

Расточка гнезд коренных подшипников более номинального размера для нанесения восстановительного слоя на базе эпоксидных смол (глубина резания от 2 до 3 мм на диаметр при продольной подаче борштанги от 40 до 50 мм/мин) с последующей одновременной расточкой втулок распределительного вала и гнезд коренных подшипников до номинального размера после нанесения восстановительного слоя на поверхности гнезд коренных подшипников (подача борштанг до 15 мм/мин). При этом припуск на расточку восстановительного слоя на поверхности гнезд коренных подшипников должен быть не более 2 мм на диаметр.

Втулки распределительного вала перед запрессовкой должны предварительно растачиваться на токарном станке с таким расчетом, чтобы припуск на расточку и в блоке не превышал 1 мм на диаметр. Обе операции производятся на сменных планках номинального размера. Восстановление с применением эпоксидных смол не обеспечивает высокой долговечности гнезд коренных подшипников. При сравнительно небольшом износе гнезд коренных подшипников блока цилиндров можно растачивать их до номинального размера с значительным смещением осей коленчатого и распределительных валов вверх. Номинальные размеры и натяги в сопряжениях втулок распределительного вала с блоком цилиндров двигателя представлены в таблице 5.1.2.

Втулки распределительного вала для сохранения расстояния между осями валов необходимо одновременно растачивать. При этой операции устраняется потеря соосности гнезд коренных подшипников, которая происходит в результате коробления блока в процессе работы двигателя и из-за естественного старения материалов блока. Указанная операция требует специальной дефектовки блока. Необходимо проверить (рис. 5.1.3) размер  $L$  от установочной базовой плоскости до верхней образующей поверхности всех постелей блока цилиндров с помощью специального индикаторного приспособления.

Таблица 5.1.2 – Номинальные размеры и натяги в сопряжениях втулок распределительного вала с блоком цилиндров двигателя, мм

Наименование сопряжения	Номинальный размер	Натяг в сопряжении
Диаметр отверстия под переднюю втулку распределительного вала	$\frac{55,500}{55,518}$	$\frac{-0,190}{-0,122}$
Диаметр отверстия под вторую втулку распределительного вала	$\frac{54,500}{54,518}$	$\frac{-0,190}{-0,122}$
Диаметр отверстия под третью втулку распределительного вала	$\frac{53,500}{53,518}$	$\frac{-0,180}{-0,112}$
Диаметр отверстия под заднюю втулку распределительного вала	$\frac{51,500}{51,518}$	$\frac{-0,180}{-0,112}$

Приспособления предварительно настраиваются с помощью калибра на номинальный размер, затем устанавливаются на привалочную плоскость масляного поддона поочередно у каждой постели, и по отклонению стрелки индикатора от нуля определяется износ постелей.

Износ постелей в вертикальной плоскости не должен превышать 0,2 мм.

Определенная расчетом величина округляется до ближайшего меньшего значения (15,0; 15,1; 15,2 мм).

После дефектовочных операций крышки коренных подшипников фрезеровать по плоскости параллельно старой плоскости резца на глубину 0,08–0,9 мм с чистой обработкой не менее 6. Поставить крышки на свои места в блоке и затянуть их болтами с необходимым усилием по технологии сборки двигателя.

Согласно производственной дефектовки блока подобрать и установить на опорную плиту станка сменные планки.

Произвести расточку гнезд коренных подшипников и втулок распределителя согласно пунктам данного раздела.

После расточки в гнездах коренных подшипников допускается чернота на растачиваемых поверхностях в блоке у линии разбега длиной не более 15 мм с обеих сторон.

Смещенные оси коленчатого вала вверх более 0,3 мм не допускаются из-за возникновения большой несоосности коленчатого

вала и первичного вала коробки передач, что ведет к интенсивному износу деталей муфты сцепления и коробки передач.

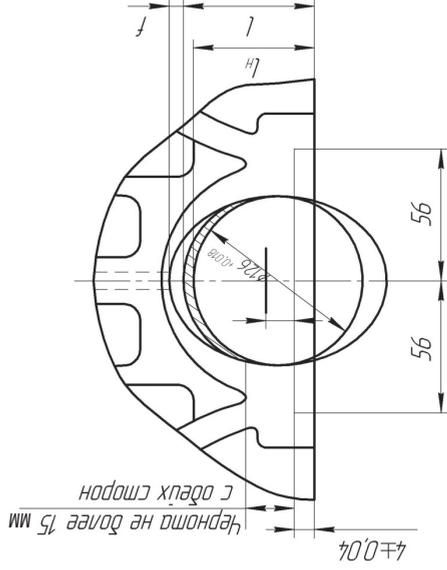


Рисунок 5.1.3 – Схема расчета высоты сменных опорных планок (рассточка со смещением осей коленчатого вала)

#### Подготовительные операции

Перед началом работы на станке необходимо удалить смазку с борштанг, втулок опорных подшипников, опорных планок и фиксаторов. Перед установкой блока цилиндров двигателя на станок необходимо повернуть ручку в крайнее правое положение поджать выдвигаемые упоры опорной плиты. Редуктор привода вращения борштанг при этом находится в исходном положении.

Технологические отверстия блока цилиндров очистить от грязи, ржавчины и забойн.

#### Установка блока цилиндров на станке

На поднятые выдвигаемые упоры опорной плиты установить предназначенный для обработки блок цилиндров так, чтобы конусные головки фиксаторов вошли в технологические отверстия блока цилиндров. При этом задняя его часть должна быть обращена в сторону редуктора. После этого поворотом ручки влево до положения, ограничиваемого фиксатором подъемного механизма, блок цилиндра опустить. При этом станет возможным прохождение борштанги с резами через гнезда коренных подшипников и через втулки распределительного вала.

#### Установка борштанг и крепление на станке

Большую борштангу за ручку вставить в задний опорный подшипник так, чтобы паз борштанги совпал с направляющей шпонкой опорного подшипника. При этом резы совпадут с соответствующей прорезью во втулке опорного подшипника. Затем пропустить борштангу через гнезда коренных подшипников блока и опорные подшипники, также совместив при этом паз борштанги со шпонками втулок этих подшипников. Затем завести поводок борштанги и паз муфты хвостовика шпинделя редуктора и поворотом борштанги за ручку по часовой стрелке довести ее до упора.

Таким же образом установить малую борштангу. Убедившись, что все резы вышли их гнезд коренных подшипников и втулок распределителя установленного блока цилиндров, поворотом ручки в крайнее левое положение опустить блок на опорные планки. После этого закрепить блок цилиндров на опорной плите прижимами.

#### Запуск станка в работу

Ручка крана управления гидросистемы устанавливается в правое положение рабочей подачи, а рукоятка дросселя – в положение, соответствующее скорости подачи, равной 15 мм/мин.

Поворотом ручки пакетного выключателя включить станок в электросеть нажатием кнопки «Пуск» привода борштанг, а затем приводом насоса гидросистемы пустить станок в работу.

#### Остановка станка после окончания растачивания и снятия блока цилиндров двигателя со станка

По окончании растачивания с помощью путевых выключателей, управляемых кулачками, станок автоматически остановится. Кнопка «стоп» служит для экстренной остановки станка. Перед тем, как снять блок, необходимо освободить его от прижимов, прокрутить борштанги сжатым воздухом и вынуть их. Затем поворотом ручки до крайнего левого положения установить ручку крана управления гидросистемы подачи в левое положение и включить кнопку «пуск» подачи.

Оставлять станок под напряжением после окончания работы, а также без наблюдения категорически запрещено.

Станок должен быть отключен от сети с помощью пакетного выключателя.

### Порядок выполнения работы

1. Изучить требования по охране труда на рабочем месте.
2. Изучить оборудование и технологию ремонта гнезд коренных подшипников коленчатого вала и втулок распределительного вала блоков цилиндров.
3. Прodefектовать блок цилиндров и назначить способ восстановления постелей.
4. Произвести настройку резцов борштанг на номинальный или ремонтный размер растачиваемых отверстий.
5. Настроить станок и выполнить расточку.
6. После растачивания проверить размеры и шероховатость обработанных отверстий.
7. Составить отчет о работе.

### Содержание отчета о работе

1. Цель работы и применяемое оборудование.
2. Привести в журнале результаты дефектовки блока цилиндров.
3. Привести в журнале результаты расчета вылета резцов по приведенной в таблице 5.1.3 форме.
4. Привести в журнале ремонтные размеры отверстий во втулках распределительного вала по приведенной в таблице 5.1.4 форме.
5. Выводы.

Таблица 5.1.3 – Расчет вылета резцов борштанги

Наименование дефектов	Способ установления дефектов	Размеры, мм		Результат проверки	Заключение
		номинальный	допустимый без ремонта		
Деформация или износ гнезд вкладышей коренных подшипников					
Несоосность гнезд вкладышей коренных подшипников.					
Износ постелей блока					

Таблица 5.1.4 – Ремонтные размеры отверстий во втулках распределительного вала

Наименование показателей	Малая борштанга $D = 42$ .				Большая борштанга $D_6 = 54_{-0,02}$
	Ремонтный размер отверстий во втулках распределительного вала				
	1 втулка	2 втулка	3 втулка	4 втулка	
Номинальный или ремонтный размер отверстия					
Вылет резца, мм					

### Контрольные вопросы

1. Охарактеризуйте износ блока цилиндров автотракторных двигателей и причины возникновения.
2. Перечислите способы восстановления гнезд коренных подшипников.
3. Опишите Устройство станка для расточки гнезд и втулок РД-2.
4. Какова методика расчета ремонтного размера отверстий во втулках распределительного вала?
5. Какова методика расчета вылета резца «А»?

## Ч. 2. УСТАНОВКА КОРЕННЫХ ВКЛАДЫШЕЙ И КОЛЕНЧАТОГО ВАЛА ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ В БЛОК

### **Цель работы:**

1. Изучить порядок и технические условия на установку коренных вкладышей и коленчатого вала в блок.
2. Практически произвести установку коренных вкладышей и коленчатого вала в блок двигателя СМД-14.

**Оборудование, инструменты, приспособления:** блок и коленчатый вал в комплекте с вкладышами двигателя СМД-14; Грузоподъемное приспособление; Ключ торцовый специальный  $S = 27$  мм; съёмник крышек коренных подшипников; захват для коленчатого вала; специальный ломик отгибания шайб, 10–100 мм ГОСТ 868–63; нутромер индикаторный укороченный НИ-100-1 ГОСТ 868–82; ключ динамометрический КД-00-Б; молоток с медными бойками ПИМ-1466-17-360; набор щупов № 3 (толщина пластины 0,03–0,50 мм) ГОСТ 882–64; бачок для дизельного топлива; щетка капроновая Арт 3181; салфетка хлопчатобумажная; микрометры (рубный 0–25 мм – ГОСТ 6507–60 и гладкие МК 75-2 ГОСТ 6507–78 МК 100-2 ГОСТ 6507–78); керн 2 мм.

### **Общие положения**

Установка коленчатого вала в блок является ответственной сборочной операцией, от качества проведения которой зависит срок службы вала и его подшипников.

Вкладыши коренных и шатунных подшипников тракторных двигателей являются тонкостенными и взаимозаменяемыми. Вследствие своей тонкостенности при затяжке они копируют форму гнезд неправильной геометрической формы (имеющих овальность и конусность), создают неравномерный масляный зазор между шейками вала и вкладышами, что может привести к задиру вкладышей и шеек коленчатого вала (в местах, где масляный зазор ниже минимального).

Установка же вкладышей в блок с нарушенной соосностью гнезд может привести к поломке коленчатого вала. Поэтому тщательности работ при укладке коленчатого вала необходимо уделять серьезное внимание.

После разборки двигателя и мойки его деталей блок необходимо установить на устойчивую подставку или специальный стенд гильзами вниз. После этого приступают к проверке гнезд подшипников на овальность, конусность и относительное смещение, предварительно собрав гнезда без вкладышей, при этом гайки крышек коренных подшипников должны быть затянуты нормальным усилием с помощью динамометрического ключа. Замеры овальности и конусности обычно проводят индикаторным нутромером, а относительное смещение (несоосность) – индикаторным приспособлением или с помощью цилиндрической оправки (скалки) диаметром 50–60 мм для проверки соосности коренных подшипников. Полученные результаты замеров величины овальности, конусности и несоосности заносятся в отчет и затем сопоставляются с нормальными и допустимыми величинами их показателей, приведенными в таблице 5.2.1.

Если овальность гнезд коренных подшипников двигателяй больше допустимой, т. е. находится в пределах 0,04–0,08 мм, конусность в пределах 0,05–0,10 мм, а относительное смещение гнезд на всей длине блока – 0,05–0,15 мм и смежных гнезд в пределах 0,03–0,08 мм, то блок направляют на ремонт.

После проверки гнезд коренных подшипников необходимо снять их крышки. При этом следует помнить, что раскомплектование гаек со шпильками крепления крышек, а также самих крышек не допускается (во избежание искажения формы и нарушения посадки вкладышей). Крышки 2-го и 4-го коренных подшипников, имеющие одинаковые конструктивные элементы нумеруются заводом, в случае отсутствия указанных меток их следует нанести.

Далее производят проверку комплектности коленчатого вала и вкладышей коренных подшипников. Комплектность заключается в соответствии размера вкладышей размеру шеек коленчатого вала.

Размер шеек нового вала определяют по условным обозначениям на его щеках. Размеры вкладышей коренных подшипников определяют по меткам, нанесенным на вкладышах. Например, на двигатели СМД-14 устанавливаются коленчатые валы различных вариантов (табл. 5.2.2).

Для клейморазмерных групп коленчатых валов двигателя СМД-14 приняты обозначения: Н – номинал; К – коренные шейки; Ш – шатунные шейки.

Таблица 5.2.1 – Номинальные и допустимые размеры внутренних диаметров гнезд-картера под вкладыши коренных подшипников

Марка двигателя	Размеры, мм				Примечание	
	Допустимые в сопряжении с деталями при ремонте					
	Нормальные	капитальном		текущем		
			Бывшие эксплуатации	Новые	Бывшие эксплуатации	Новые
СМД-14	$98^{+0,021}$	–	$98^{+0,04}_{-0,02}$	–	$98^{+0,04}_{-0,02}$	Прилегание вкладышей к постелям при проверке на краску не менее 85 %
Овальность и конусность не более						
	0,02		0,03			0,04
Несоосность коренных опор						
	0,015		0,03			0,04
Д-50	$81^{+0,02}$	–	$81^{+0,03}_{-0,01}$	–	$81^{+0,03}_{-0,01}$	Прилегание вкладышей к постелям при проверке на краску не менее 85 %
Овальность и конусность не более						
	0,015		0,025			0,025
Несоосность коренных опор						
	0,015		0,025			0,025

Таблица 5.2.2 – Обозначения на коленчатых валах

Двигатель	Обозначение коленчатого вала	Диаметр коренных шеек, мм	Диаметр шагунных шеек, мм	Клеймо
СМД-14	14-0401-1-1Н	$88,25^{+0,100}_{-0,115}$	$78,25^{+0,095}_{-0,110}$	1 НКШ
	14-0401-1-2Н	$88,00^{+0,100}_{-0,115}$	$78,00^{+0,095}_{-0,095}$	Не клеймится
	14-0401-1-1НШ	$88,00^{+0,100}_{-0,115}$	$78,25^{+0,095}_{-0,110}$	1 НШ
	14-0401-1-1НК	$88,25^{+0,100}_{-0,115}$	$78,00^{+0,095}_{-0,110}$	1 НК

Следовательно, маркировка 1НШ обозначает, что коленчатый вал имеет первый номинал шагунных шеек и второй номинал коренных шеек. Второй номинал шагунных и коренных шеек не обозначается.

При перешифовке коренных и шагунных шеек коленчатого вала выдерживают соответствующие ремонтные размеры.

По ремонтным размерам шеек в запасные части поставляют вкладыши коренных и шагунных подшипников.

Коленчатые валы и вкладыши коренных и шагунных подшипников в запчасти поставляют отдельно или комплектно.

Вкладыши коренных и шагунных подшипников тракторных двигателей выпускают двух стандартных размеров и четырех ремонтных. Стандартные размеры обозначают 1Н и 2Н, а ремонтные – Р1 до Р4 включительно. Кроме того имеются четыре дополнительных ремонтных размера, под которые растачивают вкладыши коренных и шагунных подшипников и шлифуют шейки коленчатых валов. В таблице 5.2.3 приведены номинальные и ремонтные размеры коренных шеек коленчатого вала двигателя СМД-14.

Толщина профилированных вкладышей различна по длине окружности. В таблице 5.2.4 приведена толщина вкладышей в средней части. Замер вкладышей по толщине производится трубным микрометром. Полученные замеры сравниваются с данными таблицы 5.2.4. Разукрупнение вкладышей (верхних и нижних половин) не допускается.

Таблица 5.2.3 – Номинальные и допустимые диаметры коренных шеек коленчатого вала двигателя СМД-14, мм

Производственные и ремонтные (включая дополнительные $D$ ) размеры	Допустимый размер в сопряжении с вкладышами	
	бывшими в эксплуатации	новыми
1Н 88,25 <sup>+0,100</sup> <sub>-0,115</sub>	88,07	88,01
2Н 88,00 <sup>+0,100</sup> <sub>-0,115</sub>	87,82	87,76
Д1 87,75 <sup>+0,100</sup> <sub>-0,115</sub>	87,60	87,54
Р1 87,50 <sup>+0,100</sup> <sub>-0,115</sub>	87,35	87,29
Д2 87,25 <sup>+0,100</sup> <sub>-0,115</sub>	87,10	87,07
Р2 87,00 <sup>+0,100</sup> <sub>-0,115</sub>	–	–
Д3 86,75 <sup>+0,100</sup> <sub>-0,115</sub>	86,61	86,59
Р3 86,50 <sup>+0,100</sup> <sub>-0,115</sub>	86,36	86,34
Д4 86,25 <sup>+0,100</sup> <sub>-0,115</sub>	86,13	86,11
Р4 86,00 <sup>+0,100</sup> <sub>-0,115</sub>	85,88	85,86

Перед укладкой коленчатого вала необходимо произвести окончательную промывку керосином гнезд коренных подшипников и вкладышей, после чего гнезда и вкладыши тщательно должны быть протёрты чистой салфеткой. Применение концов при этом не допускается.

Непосредственно перед установкой вкладышей в гнезда следует ещё раз проверить их комплектность.

Вкладыши подбирают в соответствии с размерами коренных шеек коленчатого вала только одного номинала – первого или второго, с маркировкой 1Н или 2Н, или ремонтного размера с соответствующей маркировкой.

Вкладыши должны прилегать к гнездам блока и крышкам. Вкладыши коренных и шатунных подшипников полностью взаимозаменяемы, их установка на двигатель не требует подгонки сопрягаемых деталей.

Фиксирующие выступы (усики) вкладышей должны входить в соответствующие канавки гнезд блока.

Таблица 5.2.4 – Толщина вкладышей в средней части, мм

Номер вкладыша	Маркировка	Вкладыши коренных подшипников		Вкладыши шатунных подшипников	
		новые	допустимые	новые	допустимые
1Н	1НСМД14	4,875 <sup>+0,002</sup> <sub>-0,012</sub>	4,83	2,875±0,005	2,83
2Н	2НСМД14	5,000 <sup>+0,002</sup> <sub>-0,012</sub>	4,96	3±0,005	2,96
Р1	Р1СМД14	5,250 <sup>+0,002</sup> <sub>-0,012</sub>	5,21	3,375±0,005	3,34
Р2	Р2СМД14	5,500 <sup>+0,002</sup> <sub>-0,012</sub>	5,47	3,75±0,005	3,73
Р3	Р3СМД14	5,750 <sup>+0,002</sup> <sub>-0,012</sub>	5,73	4,125±0,005	4,10
Р4	Р4СМД14	6,000 <sup>+0,002</sup> <sub>-0,012</sub>	5,98	4,5	4,48

*Последовательность выполнения работ при установке коленчатого вала в блок двигателя*

Коленчатый вал устанавливают в такой последовательности. Блок устанавливают крышками коренных подшипников вверх на специальную подставку или деревянные бруски, предохраняющие шпильки крепления головки цилиндров и верхнюю плоскость блок-картера от повреждений.

Отворачивают последовательно 10 гаек на шпильках крепления коренных подшипников и снимают замковые и плоские шайбы.

Снимают крышки коренных подшипников. Прочищают масляные каналы блок-картера при помощи ерша, смоченного в керосине, после чего устанавливают заглушки и пробки главной масляной магистрали.

Очищают и продувают сжатым воздухом масляные полости блок-картера. Проверяют соответствие вкладышей коренных подшипников шейкам коленчатого вала по маркировке размерных групп (номиналов).

Крышки коренных подшипников в сборе с вкладышами и гайки с шайбами устанавливают на свои места в соответствии с нанесенными при разборке метками, не изменяя первоначального по-

ложения крышки, при котором растачивали поверхности постели коренных опор на заводе-изготовителе.

Установив вкладыши в гнезда, ставят упорные полукольца в выточки крышки и блок-картера у третьей коренной опоры. Расстояние по торцам полуколеи выдерживают равным  $60_{-0,213}^{+0,125}$  мм (выступание штифтов над рабочей поверхностью полуколец не допускается).

При установке вкладышей следят, чтобы отверстия в блок-картере и во вкладыше совпадали и вкладыши были правильно установлены. Неправильная установка половинок вкладышей προκαщает подачу масла к рабочим поверхностям и приводит к задирам вкладышей. Вместе с вкладышами может выйти из строя также и коленчатый вал и КШМ.

После этого на шпильки первой и пятой коренных опор последовательно надевают четыре специальных колпачка, предохраняющих шейки коленчатого вала и шпильки от повреждений.

Прогирают вкладыши коренных подшипников и обильно смазывают маслом. Устанавливают коленчатый вал на подшипники. Снимают четыре предохранительных колпачка. Устанавливают последовательно пять крышек коренных опор на свои шпильки.

Надевают на каждую шпильку по одной замковой и плоской шайбе в соответствии с их маркировкой.

Навертывают и предварительно затягивают 10 гаек крепления коренных подшипников крутящим моментом 20–22 кг·м (усилие 40–44 кг на плече 500 мм), при затяжке гаяк коренных подшипников до совпадения риска допускается перетяжка на 30° (пол-границы) за метку на шпильке.

Гайки коренных подшипников затягивают равномерно в такой последовательности по опорам: третья, пятая, первая, четвертая, вторая. Подшипники считают затянутыми правильно, если коленчатый вал можно повернуть вручную, взявшись за штифты установки маховика.

При помощи щупа или индикатора проверяют продольный люфт коленчатого вала в установочных полукольцах (третья опора), который должен быть 0,195–0,385 мм.

После замены вкладышей, а также после перешлифовки коленчатого вала обязательно измеряют диаметральный зазор в подшипниках, который должен быть 0,160–0,194 мм.

Зазор подсчитывают, измерив диаметр опоры в блок-картере, толщину вкладышей и наружный диаметр шеек, или замеряют при помощи щупов, изготовленных из плотной бумаги или медной фольги.

Бумажные щупы изготавливают шириной 10–13 мм, а медные – 6–8 мм. Длину щупа выбирают несколько меньше его ширины. Для проверки зазора в подшипнике изготавливают набор таких щупов разной толщины. Закладывают щупы под зажатую гайками крышку коренного подшипника, проворачивают коленчатый вал. При свободном проворачивании вала закладывают щуп увеличенной толщины.

Толщина щупа, при которой коленчатый вал не будет проворачиваться, характеризует величину зазора в подшипнике. Крепление всех крышек коренных подшипников, кроме проверяемого, при такой проверке ослабляют.

Используя медные щупы, вал вращают на угол не более 90°.

Круговое вращение может привести к повреждению вкладыша. Необходимая величина диаметрального зазора в коренных и шатунных подшипниках обеспечивается правильностью изготовления сопрягаемых деталей. Какая-либо подгонка путем нарушения стыков-вкладышей, а также постелей недопустима ввиду нарушения натяга по наружному диаметру вкладыша, что может привести к их провороту.

После проверки стопорят последовательно 10 гаек коренных подшипников, отогнув края замковых шайб на грани гаек (это можно сделать и после стендовых испытаний отремонтированного двигателя при контрольном осмотре).

### **Порядок выполнения работы**

1. Ознакомиться с общими положениями и техническими условиями на установку коренных вкладышей и коленчатых валов в блок двигателя.
2. Получить практические навыки в установке коренных вкладышей и коленчатого вала в блок-картер двигателя СМД-14.
3. Составить отчет по прилагаемой форме.

### **Содержание отчета о работе**

1. Цель работы и применяемое оборудование.
2. Составить отчет о проделанной работе в виде технологической карты по форме, приведенной в таблице 5.2.5.

Таблица 5.2.5 – Технологическая карта

№ п/п	Наименование переходов	Технические условия	Оборудование и инструмент	Примечание

3. Выводы.

1. Общие положения и технические условия на установку коренных вкладышей и коленчатых валов в блок двигателя.
2. Методика проверки комплектности коленчатого вала и вкладышей коренных подшипников.
3. Обозначения клейморазмерных групп коленчатых валов двигателя СМД-14.
4. Последовательность выполнения работ при установке коленчатого вала в блок двигателя.

### **Контрольные вопросы**

## **Лабораторная работа № 6**

### **ВОССТАНОВЛЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ СИСТЕМЫ ГАЗОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ**

#### **Цель работы:**

1. Ознакомиться с устройством и работой универсально-гидравлического станка КП-0406.
2. Приобрести практические навыки по контролю головки блока на течь на стенде КП-0406.
3. Ознакомиться с устройством и работой станка СШК-3.
4. Ознакомиться с устройством и работой станка М-3.

**Оборудование, инструменты, приспособления:** универсально-гидравлический стенд КП-0406; головка блока цилиндров, подлежащая испытанию; клапаны впускной и выпускной; коловорот; фрезы для гнезд клапанов головки (черновые с углом заточки 45°, 75° и 15°, чистовая с углом заточки 45°), направляющая оправка к фрезам и вороток; обтирочный материал – 100 г.

#### **Общие положения**

**Ремонт головки блока цилиндров.** Головка блока цилиндров является ответственной и сильно нагруженной деталью двигателя – на ней устанавливаются детали газораспределительного механизма, близко друг к другу располагают камеры сгорания, каналы впуска воздуха и выпуска отработавших газов, полости системы охлаждения, каналы подвода и отвода масла. От работы этой части двигателя во многом зависит его ресурс, и наоборот, неисправности других деталей и систем двигателя часто становятся причиной появления неисправностей самой головки блока цилиндров.

Как правило, головки цилиндров изготавливаются из алюминия-вого сплава и крепят их к блоку цилиндров болтами. В головке блока цилиндров запрессованы направляющие втулки и вставные седла клапанов. На головке цилиндров расположены впускные и выпускные клапаны.

Наиболее часто встречающиеся в эксплуатации неисправности головок – деформации вследствие перегрева двигателя, износ направляющих втулок клапанов, ослабление посадки или разрушение седел клапанов, срыв или износ резьбы и другие дефекты.

Обычно допуск неплоскостности поверхности головки, прилегающей к блоку, составляет 0,15 мм на всей длине и 0,05 мм на длине 100 мм.

При наличии коробления, превышающего указанные значения, поверхность головки подвергают фрезерованию или шабрению. При фрезеровании надо помнить, что уменьшить объем камеры сгорания можно не более чем на 1,5 см<sup>3</sup>.

В процессе фрезерования или шабрения набором шупов на контрольной плите или при помощи лекальной линейки необходимо определять отклонение от плоскостности.

К дальнейшей эксплуатации непригодны головки цилиндров, имеющие пробоины и трещины в зоне камеры сгорания, течь охлаждающей жидкости через отверстия для болтов крепления головки к блоку.

Трещины в рубашке охлаждения, прогары по перемычкам между камерами сгорания, разрушения под действием коррозии ликвидируют сваркой в среде аргона с последующей зачисткой следов сварки в камере сгорания и восстановлением размеров.

Поврежденные резьбовые внутренние поверхности отверстий восстанавливают спиральными резьбовыми вставками. При этом фаски в отверстиях для вставок и выступание наружу первого витка вставки не допускаются.

Основная неисправность направляющих втулок в процессе эксплуатации двигателей – их износ, вызывающий нарушение уплотнения стержня клапана, увеличение расхода масла и повышенный шум механизма газораспределения. Направляющие втулки заменяют новыми или ремонтных размеров с уменьшенным внутренним диаметром. Отверстия втулок под чертежные или ремонтный размер стержня клапана развертывают так, чтобы зазор в соединении соответствовал техническим требованиям. Например, у двигателей ЯМЗ-238НБ и СМД-62 зазор в соединении «втулка–стержень» у впускного клапана должен быть 0,035–0,074 мм, а у выпускного – 0,07–0,114 мм.

В отдельных случаях изношенную поверхность отверстия втулки восстанавливают с помощью специального приспособления – роликовой раскатки (роллера). Приспособление состоит из трех основных частей – направляющей, корпуса и твердосплавного ролика. Гнездо для ролика в корпусе имеет небольшой угол наклона, что позволяет при вращении приспособления ввинчивать его во втулку (рис. 6.1а).

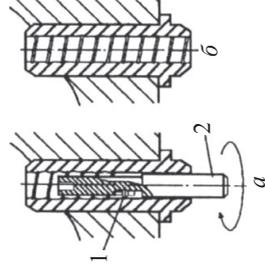


Рисунок 6.1 – Ремонт отверстия направляющей втулки клапана с помощью специального приспособления – раскатки (роллера): а – нарезание внутренней резьбы; б – отверстие после обработки разверткой в размер стержня клапана; 1 – ролик из твердого сплава; 2 – роллер

Ролик вдавливается во внутреннюю поверхность втулки и продавливают в ней винтовую канавку. Указанные приспособления выпускаются для диаметров втулок 7; 8; 8,5; 9; 10 и 11 мм. После обработки втулки роликом отверстие необходимо развернуть в чертежный размер разверткой, в результате чего гребешки у винтовой канавки сглаживаются, образуя опорный пояс (рис. 6.1б). Описанный способ ремонта имеет ряд преимуществ, основные из которых – простота, высокая производительность и низкая стоимость. Помимо этого улучшаются условия смазки стержня клапана, так как в винтовой канавке удерживается масло. Металл, деформированный роликом, получает некоторое упрочнение (нагартовку), что совместно с улучшенной смазкой в определенной степени компенсирует уменьшение площади опорной поверхности втулки. В то же время данный способ имеет недостатки, которые ограничивают его применение. Практика его использования для ремонта втулок многих моделей двигателей показала, что несмотря на улучшение смазки стержня и упрочнение поверхности, ресурс отремонтированных втулок в 1,5–2 раза уступает нормальному. При износе более 0,1–0,15 мм данный способ ремонта неприменим, так как ролик не может «поднять» поверхность на требуемый для образования площадок размер. Нельзя использовать раскатывание для втулок из твердых материалов, например из отбеленного чугуна, закаленной стали или металлокерамики. Попытки раскатывания таких втулок могут привести к поломке приспособления.

Обработанное отверстие во втулке клапана используют в качестве технологической базы при фрезеровании или зенковании клапанных гнезд для получения необходимой соосности отверстий втулки и гнезда клапана.

Изношенные клапанные гнезда в головках цилиндров обычно обрабатывают конусными фрезами с последующей притиркой в сборе с клапанами. Гнезда последовательно фрезеруют черновыми фрезами с углом наклона режущей части, как показано на рисунке 6.2.

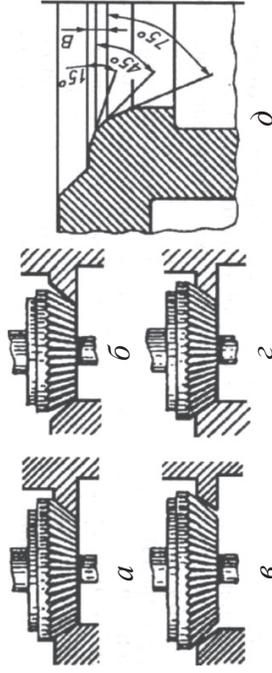


Рисунок 6.2 – Последовательность фрезерования клапанных гнезд:  
 а...в – фрезой черновой с углом наклона режущей части 45, 75, 15°;  
 з – фрезой чистой с углом наклона режущей части 45°; д – схема образования рабочей фаски при фрезеровании; В – ширина рабочей фаски

Черновые фрезы с углом 15° и 75° применяют для создания необходимых размеров рабочей части фаски. Черновой фрезой с углом 45° рабочую фаску обрабатывают до получения ровной поверхности. Окончательную рабочую фаску обрабатывают чистой фрезой (45°) до получения гладкой, чистой поверхности.

После обработки ширина фаски гнезда должна соответствовать значениям, указанным в таблице 6.1.

Предельный (выбраковочный) диаметр гнезда в головке цилиндра определяют по утопанию тарелки клапана чертежного размера или калибра относительно плоскости головки или блока.

При текущем ремонте допускается утопание тарелки впускных клапанов двигателя ЯМЗ-240Б, ЯМЗ-238НБ, А-01М, А-41 на 2,7 мм, выпускных – 3,2 мм; впускных СМД-62, СМД-34, СМД-72 – 2,8 мм, выпускных – 3 мм; впускных Д-240 – 3,5 мм, Д-65 – 2,5 мм, Д-37 – 3,5 мм; впускных СМД-1, СМД-19, СМД-20 – 3,2 мм, выпускных – 3,5 мм.

У большинства двигателей вставные седла изготовлены из специального чугуна. При большом износе фаски седла впрессовывают из головки с помощью специальных съемников. Если износ отверстий в головке под седло клапана невелик, то в них устанавливают новые седла чертежного размера. Если же он без расточки

превышает допустимое значение, то гнездо сначала растачивают под ремонтный размер, а затем запрессовывают седло ремонтного размера с увеличенным наружным диаметром. Так, для двигателей типа ЯМЗ предусмотрено три ремонтных размера седел с диаметром поверхности под посадку в гнездо: 54,5<sup>+0,105</sup>, 56,5<sup>+0,105</sup>, 62,5<sup>+0,105</sup>.

Таблица 6.1 – Размеры фасок седел клапанов, цилиндрические пояски тарелки и притертой кольцевой полоски на клапане, мм

Модель дизеля	Ширина фаски седла клапана после обработки	Высота цилиндрического пояска тарелки клапана не менее	Ширина притертой кольцевой полоски на клапане
ЯМЗ-238НБ, ЯМЗ-240Б: впускной клапан	2–2,5	0,5	1,5–2,5
выпускной клапан	1,5–2	0,5	1,5–2,5
А-41, А-01М: впускной клапан	2–2,5	0,5	1,5–2,5
выпускной клапан	1,5–2,3	0,5	1,5–2,5
СМД-60, СМД-62, СМД-64, СМД-66, СМД-72, СМД-14АН, СМД-14БН, СМД-14НГ, СМД-18Н, СМД-19, СМД-20, СМД-22, СМД-23, СМД-31А: впускной клапан	1,5–2,5	0,5	1,5–2,5
выпускной клапан	1,5–2,5 (не менее)	0,5	1,5–2,5
Д-108, Д-160: впускной клапан	2,5–2,3	0,5	1,5–2
выпускной клапан	2–2,5	0,5	1,5–2,5
Д-65Н, Д-65М	1,9–2,4	0,5	1,5–2
Д-240, Д-240Л, Д-241, Д-41Л	1,5–2	0,5	1,5–2
Д-37М, Д-37Е, Д-144, Д-21	2–2,5	0,5	2–2,5

Отверстия под седла в головке цилиндров растачивают под размеры 54,5+0,03, 56,5+0,03 и 62,5+0,03 мм на радиально-сверлильном станке с применением кондуктора так, чтобы натяг находился в пределах 0,045–0,075 мм.

Для запрессовки седла цилиндров нагревают до температуры 90 °С. Седла охлаждают в жидком азоте. Для запрессовки необходимо использовать специальную оправку (рис. 6.3), обеспечивающую центрирование седла и исключающую его перекос при запрессовке. После запрессовки проверяют качество ремонта, используя шупл толщиной 0,05 мм. Он не должен проходить между торцом седла и головкой.

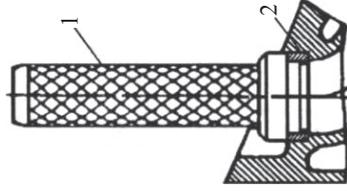


Рисунок 6.3 – Запрессовка седла клапана с помощью оправки:  
1 – оправка; 2 – седло клапана

**Ремонт клапанов.** При эксплуатации двигателя возникает целый ряд неисправностей, связанных с дефектами клапанов. Наиболее часто встречаются износ фаски, стержня и торца клапана, нередки также случаи деформации стержня вследствие удара поршня по не закрывающемуся клапану (например, при обрыве ремня газораспределения, превышении максимальной частоты вращения и др.).

Стержень клапана должен быть прямолинейным. Проверку на прямолинейность проводят с помощью индикатора на призмах (рис. 6.4а). Допуск на отклонение от прямолинейности стержня клапана равен 0,015 мм на 100 мм длины. Торцовое биение рабочей поверхности фаски клапана относительно оси стержня проверяют специальным приспособлением (рис. 6.4б). Допуск торцового биения рабочей поверхности фаски клапана не должен превышать 0,03 мм. При износе диаметра стержня клапана более 0,015 мм клапан следует заменить.

При обнаружении износа или при наличии раковины или риски на рабочей фаске клапан шлифуют. Рабочие фаски клапанов можно шлифовать на специальном настольном шлифовальном станке модели 2178 (рис. 6.5) или на круглом шлифовальном станке с кре-

плением клапана в цапговом патроне. Конструкция станка позволяет устанавливать клапан под требуемым углом к шлифовальному кругу. Фаску впускного клапана шлифуют под углом 30° (относительно горизонтальной оси), выпускного – под углом 45°. Шлифовальный станок позволяет также при износе торца стержня клапана выполнять его шлифование.

Фаска клапана может быть отшлифована (обработана) с помощью специального приспособления, схема которого приведена на рисунке 6.6. Приспособление имеет резцовую головку и направляющие для центрирования клапана по стержню.

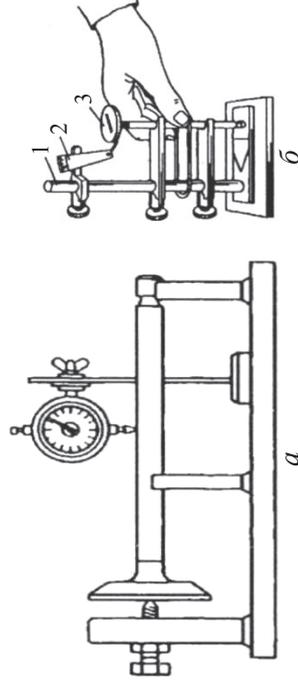


Рисунок 6.4 – Проверка клапана:  
а – отклонения от прямолинейности стержня; б – торцового биения рабочей поверхности фаски; 1 – стойка приспособления; 2 – измерительное устройство; 3 – клапан

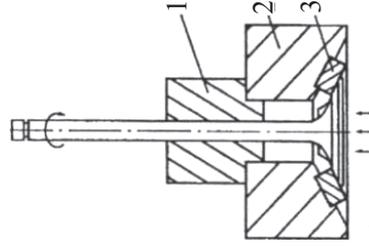


Рисунок 6.5 – Схема обработки фаски клапана резцовой головкой:  
1 – центрирующая втулка;  
2 – резцовая головка;  
3 – твердосплавный резец

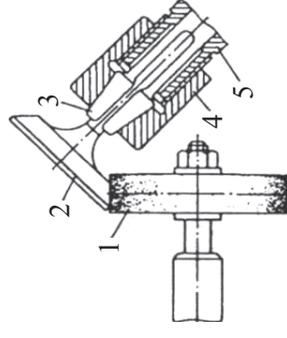


Рисунок 6.6 – Схема шлифования фасок клапана:  
1 – шлифовальный круг; 2 – клапан;  
3 – цапговый зажим; 4 – гайка;  
5 – корпус зажима

Стержень клапана с небольшим износом шлифуют на уменьшенный размер, а предельно изношенный восстанавливают электролитическим хромированием или железнением.

Железные стержня ведут на подвеске в электролите состава: хлорид железа 300–500 г/л, соляная кислота 2–3 г/л. Плотность тока 15–20 А/дм<sup>2</sup>. Принят асимметричный ток с изменением коэффициента асимметрии от 1,3 до 6.

Перед сборкой головки цилиндров клапанную пару притирают на станках ОПР-1841 или с помощью приспособлений ОПР-1334А, ОПР-2213. Перед притиркой фаски клапанов и гнезд смазывают тонким слоем пасты. Рекомендуются следующие пасты: состав I (карбид бора М40 – 10 %, микрокорунд М20 – 90 %); состав II (электрокорунд зернистый – 87 %, парафин – 13 %). Состав готовят на дизельном масле. Притирают до получения кольцевой матовой поверхности на фаске седла и клапана. У клапана кольцевой матовой поясok располагают посредине фаски тарелки, и он имеет ширину 1,5–2,5 мм.

По окончании притирки клапанные гнезда и клапаны промывают керосином до полного удаления абразивной притирочной пасты и проверяют качество их обработки. Собирают клапанную группу и заливают керосин в газораспределительные каналы. У хорошо притертого клапана не должно быть подтекания керосина из-под тарелки в течение 3 минут. Герметичность клапанных пар можно также проверить с помощью специальных пневматических приспособлений.

**Ремонт распределительного вала.** Характерные неисправности распределительного вала, проявляющиеся в процессе работы, – биение опорных шеек вала, износ опорных шеек, кулачков и шпоночной канавки. Радиальное биение проверяют индикатором на валу, установленном крайними шейками в призм (при расположении призм необходимо учитывать разность диаметров крайних шеек). При радиальном биении шеек, превышающем допустимое значение, вал необходимо править.

Опорные шейки шлифуют под ремонтный размер. Перед обработкой проверяют и, если необходимо, устраняют прогиб вала на прессе правкой. Опорные шейки шлифуют в центрах круглошлифовального станка 3А-433 электрокорундовыми кругами зернистостью 46–60 и твердостью СМ. Овальность и конусность поверхности шеек после ремонта допускаются не бо-

лее 0,03 мм. Шероховатость не более  $R_a = 0,63$  мкм. При значительном износе опорных шеек их наплавляют виброугловым способом или проводят железнение и затем шлифуют под чертежный размер.

Ремонтные размеры опорных шеек распределительного вала двигателя ЗИЛ-508.10 и его модификаций приведены в таблице 6.2.

Таблица 6.2 – Номинальный и ремонтный размеры опорных шеек распределительного вала двигателя, мм

Размер	Уменьшение диаметра шеек, мм	Диаметр опорных шеек, мм	Допустимый износ, мм
Чертежный	0,0	50,980–51,000 44,983–45,000	50,930 44,933
Ремонтный: первый	0,2	50,780–50,800 44,783–44,800	50,730 44,733
второй	0,4	50,580–50,600 44,583–44,600	50,530 44,533
третий	0,6	50,380–50,400 44,383–44,400	50,383 44,333
четвертый	0,8	50,180–50,200 44,183–44,200	50,130 44,133

*Примечание.* В числителе приведены значения для первых четырех опорных шеек, в знаменателе – для пятой.

Кулачки вала изнашиваются по высоте на рабочем участке профиля. Выбравочный параметр при ремонте кулачков – их высота от затылка до вершины (табл. 6.3).

Заслуживает внимания ремонт кулачков методом электроконтактной пайки пастообразным припоем. Способ ремонта заключается в нанесении припоя на изношенную поверхность кулачка с целью восстановления его профиля до чертежного. Для этого используют припой марок ПП-СР. При этом ПП-СР2 применяют для получения поверхностного слоя с твердостью < 45 HRC, ПП-СР3 – для поверхностей с большей твердостью.

Состав пастообразного припоя формируется на 90 % (по объему) из порошкообразного припоя марки ПП-СР с размерами частиц 40–60 мкм и 10 % консистентного связующего, состоящего из со-

лидола и вазелина (60 и 40 % по объему). Размер частиц 40–60 мкм является оптимальным для получения качественного паяного слоя. При размере частиц порошкообразного припоя менее 40 мкм обрывается пылевидная смесь, которая при добавлении связующего неравномерно перемешивается с ним, что снижает качество паяного слоя. При размере частиц более 60 мкм поверхностный слой получается прерывистым и неравномерным.

Таблица 6.3 – Размеры кулачков в зависимости от их высоты и биение средней шейки относительно крайних шеек распределительного вала, мм

Двигатель	Высота кулачков				Биение, не более	
	впускных		выпускных		по чер-тежу	допусти-мое
	по чертежу	допу-стимая	по чертежу	допу-стимая		
ЯМЗ-240Б	42,2±0,05	42,0	42,2±0,05	42,0	0,03	0,05
А-01М	45,25 <sub>-0,017</sub>	44,20	45,25 <sub>-0,17</sub>	44,20	0,05	0,08
Д-240	41,32±0,05	40,20	41,32±0,05	40,20	0,05	0,10
ЗИЛ-130	41,85 <sub>-0,10</sub>	40,8	41,85 <sub>-0,10</sub>	40,8	0,02	0,05
ЗМЗ-53	36,155 <sub>+0,063</sub> <sup>+0,113</sup>	35,83	35,573 <sub>+0,029</sub> <sup>+0,079</sup>	35,21	0,02	0,05

Перед восстановлением кулачков распределительный вал тща-тельно очищают от загрязнений. Затем сопоставляют размеры чертежного и изношенного кулачков (рис. 6.7) с целью определе-ния количества пастообразного припоя, необходимого для восста-новления исходного профиля.

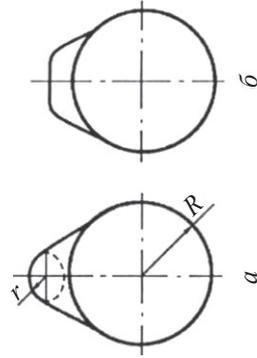


Рисунок 6.7 – Исходный (а) и изношенный (б) кулачки: r и R – радиусы профиля и окружности кулачка

После этого изготавливают формирующую стальную ленту 1 (рис. 6.8), ширина которой равна ширине кулачка. Опытным путем установлено, что для обеспечения формирования качественного паяного слоя на восстанавливаемой поверхности толщина стальной ленты должна быть 0,5–0,7 мм. На поверхность наносят пастообразный припой. Смесь располагают в средней части ленты выступающим массивом 2, а на участках ленты между ее средней ча-стью и концами – тонким слоем 3 толщиной 30–50 мкм.

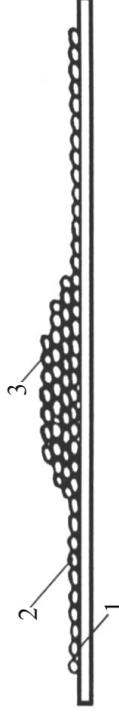


Рисунок 6.8 – Схема расположения пастообразного припоя на поверхности ленты: 1 – стальная лента; 2 – выступающий массив смеси; 3 – тонкий слой смеси

При толщине слоя смеси менее 30 мкм в паяном слое могут воз-никать «лыски» при приложении давления от дисковых электродов 1 (рис. 6.9) вследствие выдавливания припоя из пространства меж-ду кулачком 2 и лентой. При толщине слоя более 50 мкм увеличи-вается расход смеси, а качество паяного шва ухудшается из-за не-полного расплавления припоя.

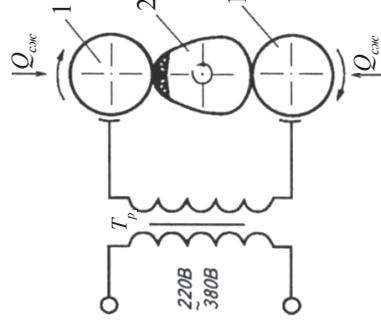


Рисунок 6.9 – Схема приварки: 1 – электрод; 2 – кулачок

Ленту 3 (рис. 6.10) с нанесенным припоем устанавливают на изношенный кулачок 2 таким образом, чтобы массив смеси 4 за-полнил изношенную зону кулачка. Концы ленты сваривают с об-

разованием шва. К наружной поверхности ленты подводят дисковые электроды и прижимают (см. рис. 6.9) с усилием сжатия  $Q_{сж} = 800 \text{ Н}$ . На дисковые электроды от трансформатора подают напряжение 3,5–4,5 В, обеспечивающее силу тока 5000–6000 А.

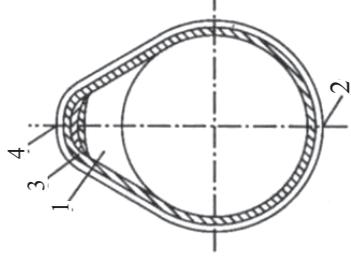


Рисунок 6.10 – Поперечное сечение восстанавливаемого кулачка:  
1 – электрод; 2 – лента; 3 – лента; 4 – массив смеси

Кулачок приводят во вращение с переменной скоростью, пропорциональной отношению  $r/R$ . Широкие поверхности восстанавливают по винтовой линии с продольным перемещением кулачка. Скорость вращения и перемещения кулачка выбирают, исходя из условия перекрытия паяных швов на 30–40 %. Обкапывание кулачка 2 (см. рис. 6.9) дисковыми электродами / производят до полного затвердевания припоя при одновременном жидкостном охлаждении зоны контакта между электродами и лентой.

После восстановления кулачок шлифуют до полного удаления формирующей стальной ленты.

**Ремонт толкателей.** У толкателей клапанов могут быть изношены сферическая и цилиндрическая поверхности. Стержень толкателя восстанавливают шлифованием до ремонтного размера или хромированием. При этом направляющие толкатели обрабатывают разверткой под размер устанавливаемых стержней. Втулки изготавливают из серого чугуна и запрессовывают с натягом 0,02–0,03 мм. После запрессовки внутренний диаметр втулок обрабатывают разверткой, обеспечивая необходимый зазор в соединении. Износ сферической поверхности стержня устраняют шлифованием по шаблону, выдерживая установленную техническими условиями высоту.

## Порядок выполнения работы

1. Изучить устройство универсально-гидравлического стенда КП-0406:

- поставить стол стенда в верхнее положение. Стол вращается с помощью червячного механизма, приводимого в движение ручкой;
  - установить на столе испытываемую головку цилиндра;
  - соответствующей заглушкой закрыть отверстие крепления водяного патрубка и присоединить к штуцеру заглушки шланг насоса;
  - установить сверху на головку соответствующую плиту с резиновой прокладкой вниз;
  - установить кронштейны прижимного устройства в необходимое положение и вставить растяжки концом с одним вырезом в паз плиты;
  - прижимать плиту винтами, поставив под крайние винты специальные треноги.
2. Испытать головку блока на течь:
- открыть кран насоса и контрольный кран верхней плиты. Плавленными качаниями рукоятки насоса заполнить внутреннюю полость головки водой;
  - как только из контрольного крана польется вода, кран закрыть и довести давление до  $3 \text{ кг/см}^2$ . Если в течение 5 минут не будет обнаружено течи воды или потения стенок, то головку можно считать пригодной для работы, а при течи он подлежит ремонту путем газовой запайки с предварительным нагревом, чутунным прутком;
  - открыть кран насоса и кран верхней плиты, выпустить воду из головки и снять ее со стенда;
  - записать в журнал результаты осмотра, сделать заключение о техническом состоянии головки и указать на необходимый ремонт.
3. Восстановление изношенного клапанного гнезда путем запрессовки кольца:
- вставить установочную втулку в отверстие направляющей втулки клапана растачиваемого гнезда;
  - вставить в отверстия направляющих втулок клапанов два болта для крепления кронштейна, установить кронштейн приспособления на головку и слегка его закрепить;

**РЕМОНТ АГРЕГАТОВ СИСТЕМЫ СМАЗКИ ДВИГАТЕЛЯ И ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ**

**Ч. 1. РЕМОНТ АГРЕГАТОВ ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ**

**Цель работы:**

Приобретение практических навыков в безразборной дефектации, проведении обкатки и испытания после ремонта агрегатов гидросистемы тракторов.

**Оборудование, инструменты, приспособления:** стенд КИ-4200; силовые цилиндры; насосы типа НШ (НШ-32У, НШ-32-2, НШ-46У, НШ-50-2, НШ-67, НШ-100-2); распределитель Р-75-В2; распределитель Р-75-В3; насосы Г12 и Я1Ф; переходные плиты; приспособление для установки распределителей; опоры для силовых цилиндров; пальцы; гайки; планки; болты крепления.

**Общие положения**

В гидроприводе тракторов и комбайнов используются шестеренчатые насосы типа НШ. Технические характеристики шестеренчатых насосов представлены в таблице 7.1.1.

В процессе эксплуатации у шестеренчатых насосов появляются различные неисправности: износ корпуса насоса, трещины в корпусе. Опорные поверхности дна колдцев корпуса изнашивается со стороны всасывающей полости в поясах расположения втулок и шестерен; ; на привалочных плоскостях муфты и крышки появляются забоины; в отверстиях для крепления муфт и крышки срезается резьба.

Существуют несколько способов восстановления колдцев корпуса насоса:

- постановкой гильз из серого сплава АЛ-5, АЛ-9;
- пластическое деформирование (обкатке с последующей термической обработкой);
- наращивание железнением;
- наращивание эпоксидными смолами;
- отливка нового корпуса.

- соединить кольцо с установочным калибром и сцентрировать отверстие кронштейна с отверстием направляющей втулки клапана;
- жестко закрепить кронштейн на головке, после чего вынуть установочный калибр с кольцом.

**Содержание отчета о работе**

1. Цель работы и применяемое оборудование.
2. Порядок проделанной работы записать в журнал по форме, приведенной в таблице 6.4.

Таблица 6.4 – Технологическая карта

№ п/п	Наименование операции	Технические условия	Оборудование, приспособление и инструмент

3. Основные положения и результаты работы записать в произвольной форме журнала.

**Контрольные вопросы**

1. Устройство и работа универсального гидравлического станка КП-0406.
2. Последовательность шлифовки фаски и торца клапана.
3. Устройство станка М-3.
4. Последовательность притирки клапанов к гильзе на станке М-3.

Таблица 7.1.1 – Технические характеристики шестеренчатых насосов

Показатели	НШ-32У	НШ-32-2	НШ-46У	НШ-50-2	НШ-67	НШ-100-2
Рабочее давление, МПа	10	12,5	10	12,5	10	10
Рабочий объем, см <sup>3</sup> /об	31,7	31,5	45,7	50,8	69,0	98,8
Номинальная частота вращения, мин <sup>-1</sup>	1650	1920	1650	1920	1700	1700
Пределы изменения частоты вращения, мин <sup>-1</sup>	1100–1750	960–1920	1100–1750	960–1920	960–1920	960–1920
Коэффициент подачи насоса	0,9	0,92	0,9	0,92	0,92	0,92
Масса, кг	6,6	6,6	7	7,8	17,5	17,7

В ремонтных предприятиях в настоящее время наибольшее распространение получили пластическое деформирование и отливка нового корпуса. Студентам предлагается по плакатам познакомиться с этим способом.

Втулки изнашиваются по большому торцу, работающему в контакте с шестернями; по стыковой и цилиндрической боковым поверхностям; по внутренней поверхности под цапфой шестерен. Износ втулок является одной из основных причин снижения производительности насоса, при этом особенно большое значение имеет увеличение зазора между цапфой и втулкой.

Наиболее распространенным способом восстановления втулок является следующий:

1. Изношенную втулку разрезают на две части.
2. Каждую часть заливают сплавом алюминия.
3. Обжимают ее в приспособлении на 1000 кН прессе.

4. Полученную заготовку механически обрабатывают до нужных размеров.

5. Восстановленные втулки сортируют на размерные группы через 5 мкм. Каждая пара стыкуемых втулок должна быть одной размерной группы.

Шестерни насоса изнашиваются по торцу, цапфы – в местах контакта с втулками. На торцах шестерен образуется выпуклость, что ухудшает уплотнение сопряжения «шестерня-втулка».

Изношенные поверхности обычно механически обрабатываются под ремонтный размер. Шестерни насосов НШ-32 и НШ-46 имеют четыре ремонтных размера по диаметру цапфы, диаметру шестерни и ширине шестерни. У насоса НШ-10 по этим параметрам три ремонтных размера.

#### Распределители типа P-75

В корпусе распределителя изнашиваются: поверхность отверстий, сопряженных с уплотняющими поясками золотников, поверхность отверстий под перепускной клапан, резьбы; могут повляться трещины.

У золотника могут наблюдаться следующие дефекты: излом ушка, износ рабочих поясков по диаметру, наклеп в гнезде шарикового клапана, износ направляющей бустера.

При восстановлении сопряжения «корпус – золотник» используется метод селекционной переборки. При сборке на заводе изготовителе данное сопряжение сортируется на 20 размерных групп в интервале от 25,032 до 25,112 через 0,004 мм. На специализированном заводе агрегаты разукрупняются.

Отверстия в корпусе обрабатываются хонинговальными головками с алмазными брусками (подробнее технологию смотрите на плакате) до выведения следов износа.

Золотники шлифуют и протирают до восстановления геометрической формы. Если размер рабочего пояса после механической обработки лежит вне поля допусков, т. е. меньше 25,032 мм, то такие золотники хромируют, а после проводят также операции механической обработки.

При подборе золотника к корпусу необходимо следить, чтобы на округлениях золотников не было надиров, забоин и следов коррозии металла.

Подбирают золотник, плотно входящий в корпус, но перемещающийся в нем; той же размерной группы или группы на один номер выше, чем группы корпуса.

Притирают золотники к отверстиям в корпусе без применения абразивных паст путем возвратно-поступательного и вращательного движений золотников.

В дальнейшем при сборке золотники и корпус не обезличивают. С выявлением и восстановлением других дефектов студентам предлагается ознакомиться самостоятельно по плакатам.

#### *Силовые цилиндры*

У цилиндров изнашивается зеркало цилиндров. Восстанавливаются механической обработкой под ремонтный размер.

При износе штока отсоединяют вилку штока, шлифуют шток до выведения следов износа; хромируют и снова проводят механическую обработку.

При износе отверстий в вилке штока их рассверливают и зенкуют под ремонтный размер.

При износе уплотняющих деталей – их заменяют на новые.

#### *Конструкция стэнда для испытания гидросистем*

Стэнды КИ-4200, КИ-4815 и КИ-4815М предназначены для обкатки и испытания насосов, распределителей и силовых цилиндров гидросистем тракторов, комбайнов, экскаваторов. Технические характеристики стэндов представлены в таблице 7.1.2.

Расположение штуцеров и установочная плита стэнда КИ-4200 показаны на рисунке 7.1.1, а его устройство на рисунке 7.1.2.

Включение электропитания стэнда производится станцией, расположенной на задней стенке справа внизу. Нагрузка на выходе стэнда регулируется дросселем 7 и измеряется манометром 2. Температура рабочей жидкости измеряется дистанционным термометром 5. Шкала жидкостного счетчика 4 также вынесена на панель. Включение счетчика производится краном 8. Включение импульсного счетчика производится тумблером 10.

Переходные плиты служат для закрепления на стенде с помощью приспособления насосов марок НШ. Плиты переходные устанавливаются в посадочное отверстие установочной плиты стэнда, к которой крепятся при помощи утопающих шпилек и гаек М12. Насос устанавливается в посадочное отверстие переходной плиты и зажимается приспособлением для крепления насосов.

Таблица 7.1.2 – Технические характеристики стэндов

Показатели	КИ-4200	КИ-4815	КИ-4815М
Наибольшая измеряемая подача насоса, мин	55	120	7–120
Точность замера подачи насоса, %	2,5	2,5	2,0
Рабочее давление, МПа	10	15	13,6–14,5
Максимальное давление, МПа	15	18	17–17,5
Объем бака для рабочей жидкости, л	90	90	90
Диапазон регулирования температуры рабочей жидкости, °С	20–60	20–60	20–60
Мощность электродвигателя, кВт	13	22	22
Частота вращения вала электродвигателя, мин	1460	1460	1460
Габаритные размеры, мм	1640х 880х 1650	1630х 875х 1650	1630х 875х 1650
Масса, кг	720	820	850
Масса принадлежностей, кг	80	–	60

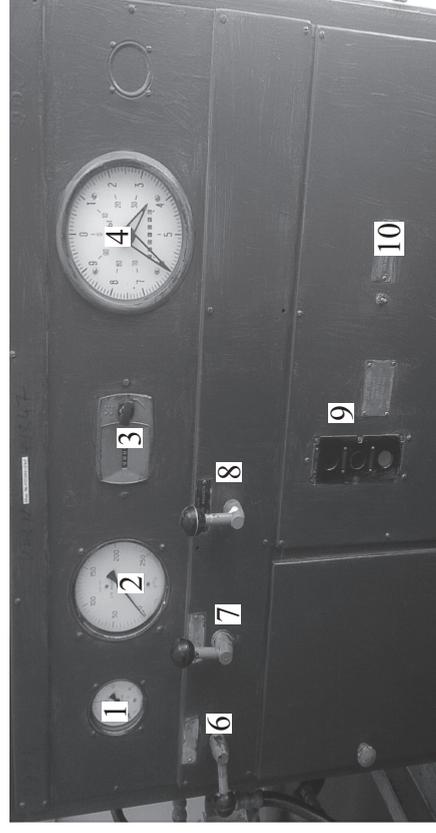


Рисунок 7.1.1 – Расположение приборов и элементов управления стэнда КИ-4200:

- 1 – манометр измерения избыточного давления; 2 – манометр измерения давления на выходе; 3 – счетчик механический; 4 – счетчик объемной подачи жидкости;
- 5 – дистанционный термометр; 6 – рукоятка управления дросселем избыточного давления;
- 7 – рукоятка управления дросселем нагрузки; 8 – рукоятка управления краном включения счетчика; 9 – кнопки включения и выключения стэнда;
- 10 – тумблер включения импульсного счетчика

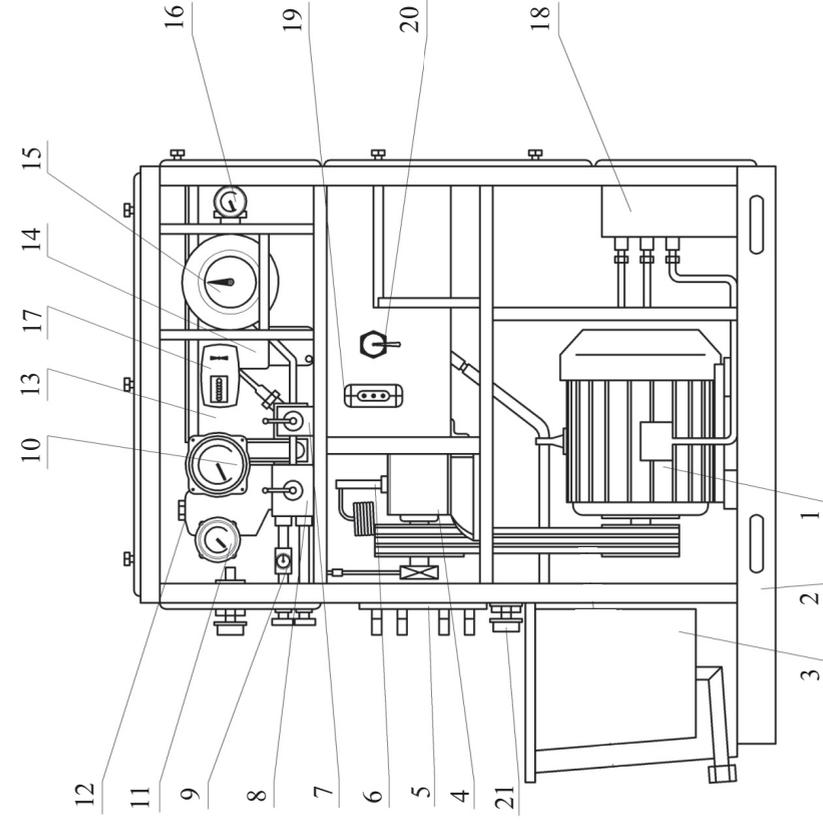


Рисунок – 7.1.2. Устройство стенда КИ-4200:

- 1 – электродвигатель; 2 – остов стенда; 3 – бак расходный; 4 – редуктор;
- 5 – установочная плита; 6 – датчик терморегулятора; 7 – кран-дроссель высокого давления; 8 – кран-дроссель низкого давления; 9 – штуцер для шланга высокого давления к испытываемым агрегатам; 10 – манометр высокого давления; 11 – манометр низкого давления; 12 – фильтр центробежный; 13 – счетчик импульсов; 14 – фильтр грубой очистки; 15 – жидкостный счётчик; 16 – дистанционный термометр; 17 – бак охлаждения; 18 – электрошкаф; 19 – кнопочная станция; 20 – рукоятка трехходового крана; 21 – штуцер всасывающего клапана

Приспособление для установки распределителей служит для крепления испытываемых на стенде распределителей типа Р-75. Приспособление крепится к установочной плите стенда двумя болтами М16. Распределитель Р-75-В3 устанавливается не-

посредственно на фланец кронштейна и крепится четырьмя винтами.

Для установки распределителя Р-75-В2 к кронштейну крепится дополнительная плита, в которой устанавливается и зажимается распределитель.

Приспособление для регулировки гильзы золотника распределителей Р-75 состоит из накидной гайки, отвертки для регулировки гильзы и сливного патрубку. Возможные утечки масла собираются в ванночку. Управление электрооборудованием и гидроагрегатами стенда вынесено на левую, боковую панель стенда. Расположение приборов и элементов управления показано на рисунке 7.1.2.

Пуск электродвигателя стенда и его остановка осуществляются с помощью кнопочной станции.

Избыточное давление в испытываемых агрегатах, измеряемое манометром (1), регулируется дросселем 6 (см. рис. 7.1.1)

### Порядок выполнения испытаний агрегатов гидросистемы

#### *Испытание насоса типа НШ*

Обкатка насоса проводится на испытательном стенде типа КИ-4200 или КИ-4815М – ГОСНИТИ на дизельном масле Дп11 при температуре 50°С с постепенным повышением давления до 12 МПа с интервалом в 2 МПа по 3–4 минуты на каждой ступени.

Определение объемного КПД насоса производится после обкатки в соответствии с ГУ.

Для определения объемного КПД испытываемый насос укреплён на плите и присоединяют к штуцеру 9 блока высокого давления (рис. 7.1.2) стенда. Дросселем 7 по показаниям манометра устанавливают давление 10 МПа, трехходовым краном 20 включают расходомер и одновременно секундомер и счетчик импульсов 13. После того как через счетчик 17 пройдет определенное количество масла (для НШ-10 – 20 л, НШ-32 – 60 л, НШ-46 – 100 л), отмечают показания счетчика импульсов (один импульс соответствует двум оборотам).

По объему жидкости и количеству импульсов определяют пригодность насоса (чем меньше требуется импульсов для прокачки заданного объема масла, тем выше КПД насоса).

После ремонта объемный КПД насоса должен быть не ниже 0,9. Производительность насоса за один оборот ведущей шестерни определяется по формуле:

$$Q_a = 500 \cdot \frac{Q_0}{n},$$

где  $Q_0$  – производительность насоса за время испытания по показаниям жидкостного счетчика, см<sup>3</sup>/об;

$n$  – число импульсов за время испытаний.

Объемный КПД  $\eta_{об}$  определяется по формуле

$$\eta_{об} = \frac{q_{ф}}{q_m},$$

где  $q_{ф}$  и  $q_m$  – соответственно фактическая и теоретическая производительность насоса за один оборот шестерни, см<sup>3</sup>/об.

Теоретическая производительность насоса определяется из технических характеристик (для НШ-10 – 12 см<sup>3</sup>/об, НШ-32 – 31,5 см<sup>3</sup>/об, НШ – 46–55,8 см<sup>3</sup>/об).

#### *Проверка регулировки предохранительного клапана*

Рукоятку управления золотником устанавливают в положение «Подъем» и удерживают рукой. Повышая дросселем давление в магистрали, проверяют давление срабатывания предохранительного клапана изменением сжатия пружины с помощью регулируемого винта.

#### *Проверка работы автомата возврата золотников*

Поставив снова рукоятку управления золотником в положение «Подъем» и не удерживая ее рукой, плавно повышают давление в магистрали и наблюдают, при каком давлении рукоятка возвращается в нейтральное положение – это будет давление срабатывания автомата возврата золотника, которое должно быть в пределах 12–12,5 МПа.

При необходимости производят регулировку давления срабатывания автомата возврата золотников изменением силы нажатия пружины. Клапаны бустера регулируют в сборе с золотниками на стенде КИ-4200 в специальном приспособлении.

#### *Проверка работы перепускного клапана*

Рукоятку управления золотником устанавливают в положение «Нейтраль». Повышая дросселем давление в магистрали до максимума, проверяют давление свободного перепуска масла по манометру (открытие перепускного клапана), которое не должно превышать 0,2–0,3 МПа.

#### *Испытание силового цилиндра*

Для установки силовых цилиндров при испытании на стенде КИ-4200 служит специальная опора. Цилиндр устанавливают на кольце с переходными цилиндрами и опирают на штырь.

При испытании гидроцилиндров гидронасос соединяют со штуцером, нагнетательную полость распределителя – со штуцером стенда, распределитель – с цилиндром. Шток цилиндра закрепляют пальцем. Рукоятку управления золотниками устанавливают в положение «Подъем», дросселем создают давление 10 МПа и определяют утечки масла в испытываемом цилиндре из верхней его полости. После ремонта утечки не должно быть более 0,5 см за 3 минуты. Затем, устанавливая рукоятку распределителя попеременно в положение «Подъем» и «Опускание», заполняют обе полости цилиндра протертым маслом. Максимальное давление масла, необходимое для перемещения поршня без нагружения цилиндра, не должно превышать 0,5 МПа. Время выдвигения штока основного цилиндра не более 2,5 секунды, время возврата в исходное положение до автоматической остановки – 1–2,5 с.

Герметичность цилиндра проверяют под давлением масла, равным 13,5 МПа, задерживая рукоятку распределителя в каждом рабочем положении в течение 1 минуты. Просачивание масла не допускается.

Для проверки работы гидромеханического клапана регулирования хода поршня включают соответствующий золотник в положение «Опускание» и вягивают шток в цилиндр – шток должен останавливаться автоматически после закрытия клапана упором (зазор 8–10 мм регулируется перемещением упора штока).

#### **Порядок выполнения работы**

1. Ознакомиться с назначением и устройством стенда КИ-4200.

2. После изучения основных дефектов деталей агрегатов гидросистемы самостоятельно провести дефектацию детали (по указанию преподавателя) и заполнить ведомость дефектов по предлагаемой форме (табл. 7.1.3).

Таблица 7.1.3 – Ведомость дефектов

Номер позиции на рис. Наименование дефектов	Размеры, мм		Средства контроля		Действительный размер, мм	Заключение
	По чертежу	Допустимые в сопряжении с деталями	Наименование	Обозначение		
1. Забоины в центрах цапф						
2. Износ цапф шестерни						
3. Износ торцевой поверхности зубьев						
4. Выкрашивание зубьев шестерни						

3. Произвести испытание насоса, проверку регулировки предохранительного клапана, проверку работы автомата возврата золотников, проверку работы перепускного клапана, испытание силового цилиндра.

Полученные результаты занести в журнал испытаний (табл. 7.1.4), сравнить с ТУ и сделать выводы.

Таблица 7.1.4 – Журнал испытаний унифицированной раздельно-агрегатной гидравлической системы тракторов на стенде КИ-4200

Наименование показателей	Технические условия	Результаты испытаний	Заключение
1. Испытание шестеренных насосов при P = 10 МПа			
1.1. Определение объемного КПД			
2. Испытание гидравлического распределителя Р-75			
2.1. Давление срабатывания автоматике золотников, МПа			
2.2. Давление открытия предохранительного клапана, МПа			
2.3. Давление свободного перепуска масла, МПа			
3. Испытание силового цилиндра			
3.1. Ход штока, мм			
3.2. Величина зазора между упором штока и торцом стержня гидромеханического клапана, мм			

Наименование показателей	Технические условия	Результаты испытаний	Заключение
3.3. Время выдвигания штока, с			
3.4. Время возврата штока в исходное положение, с			
4. Испытание на герметичность			

#### Содержание отчета о работе

1. Цель работы и применяемое оборудование.
2. Провести дефектацию детали агрегатов гидросистемы и составить карты дефектации (по указанию преподавателя).
3. Выводы.

#### Контрольные вопросы

1. Типы шестеренчатых насосов, используемых в гидроприводе тракторов и комбайнов.
2. Неисправности шестеренчатых насосов.
3. Способы восстановления коленцев корпуса насоса.
4. Способы восстановления втулок.
5. Метод селекционной переборки.
6. Методы восстановления силовых цилиндров.
7. Конструкция стэнда для испытания гидросистем.
8. Испытание насоса типа НШ.
9. Проверка регулировки предохранительного клапана.
10. Проверка работы автомата возврата золотников.
11. Испытание силового цилиндра.

## Ч. 2. РЕМОНТ АГРЕГАТОВ СМАЗЫВАЮЩЕЙ СИСТЕМЫ АВТОТРАКТОРНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

### Цель работы:

1. Изучить основные неисправности масляных насосов и фильтров.
2. Изучить методику безразборной дефектации масляных насосов и фильтров.
3. Изучить порядок проведения испытания масляного насоса и фильтра.
4. Изучить способы ремонта основных деталей и фильтров.

**Оборудование, инструменты и приспособления:** слесарный верстак на одно рабочее место; моечная передвижная ванна (РО-1308В); стэнд КИ-5278; вибрационный тахометр; комплект приспособлений для испытания двояной центрифуги; масляные насосы и фильтры, требующие дефектации; набор гаечных ключей для разборки масляных насосов и фильтров; набор необходимого мерительного инструмента.

### Общие положения

Для подачи смазки к тяжело нагруженным сопряжениям двигателей внутреннего сгорания широкое распространение получили различные конструкции шестеренчатых насосов. В процессе эксплуатации масляные насосы, несмотря на самые благоприятные условия работы, все же теряют свою работоспособность и нуждаются в ее контроле и восстановлении.

Места износов сопрягаемых деталей масляного насоса показаны на рисунке 7.2.1.

### Основные отказы и неисправности масляных насосов

1. Излом кронштейна крепления насоса к блоку двигателя. Причиной является ослабление крепления насоса к блоку, повышенная частота и амплитуда вибрации корпуса насоса. Методы восстановления – в зависимости от места излома приварка соответствующими электродами или выбраковка.
2. Трещины и пробоины корпуса насоса. Причина – попадание инородных тел во внутренние полости насоса, заклинивание их между зубьями и корпусом. Методы восстановления: заварка

чугунными прутками 3 мм с предварительным нагревом детали до 650–700 °С и дальнейшая соответствующая механическая обработка. Корпуса с пробоями – выбраковывают.

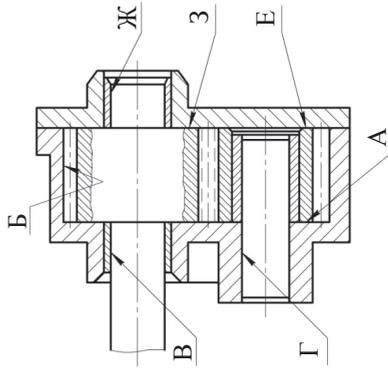


Рисунок 7.2.1 – Места износов сопрягаемых деталей масляного насоса (А, Б, В, Г – корпус; Б, З, Ж – втулок и валика)

3. Повреждения резьбовых соединений. Причина – явление усталости металла или появление повышенных механических нагрузок.

4. Смятие, срез шпоночных и шлицевых сопряжений. Причина – повышение механических нагрузок, работа сопряжений в условиях повышенной вибрации, снижение металл механических свойств.

5. Излом зубьев шестерен. Причина – повышение механических нагрузок на зуб шестерни, попадание в зону контакта инородных тел. Шестерни выбраковываются. Данные отказы выявляются традиционными методами дефектовки: обслуживанием работающего двигателя, осмотром деталей.

6. Снижение производительности насоса. Способ выявления – испытание на вышеуказанных стендах и сравнение с допустимыми значениями, в процессе работы насоса вследствие гидроабразивного износа поверхности А корпуса (рис. 7.2.1), плоскости крышки (поверхности Е и З) и торцевой поверхности шестерен (поверхности И, К) увеличивается торцевой зазор «а» (рис. 7.2.2).

При увеличении зазора между ведущим валиком насоса и его втулками (поверхности В и Ж) и между ведомой шестерней насоса, и ее осью вследствие износа этих деталей вершины зубьев шестерен начинают изнашивать внутреннюю поверхность Б корпуса.

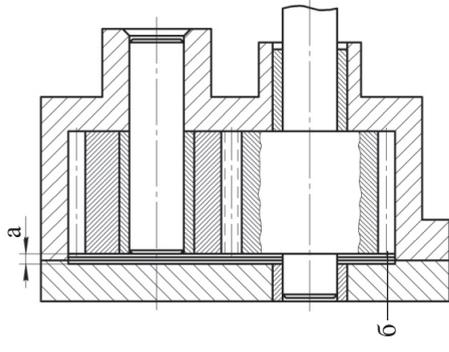


Рисунок 7.2.2 – Износ торцов шестерен и крышки насоса

При увеличении зазора между ведущим валиком насоса и его втулками (поверхности В и Ж) и между ведомой шестерней насоса и ее осью вследствие износа этих деталей вершины зубьев шестерен начинают изнашивать внутреннюю поверхность Б корпуса.

Появляется радиальный зазор «б» (рис. 7.2.2) между вершинами зубьев и стенками колодцев корпуса. Способ выявления: прикладывают линейку к корпусу и крышке насоса и щупом измеряют зазоры между линейкой и торцом шестерен, а также между линейкой и крышкой, и полученные величины суммируют и сравнивают с допустимыми.

Торцовый зазор уменьшают опиливанием, шлифованием плоскости крышки насоса до удаления следов износа, иногда заменой шестерни. Радиальный зазор восстанавливают расточкой корпуса и постановкой стальных вкладышей.

Этот зазор можно также восстанавливать путем нанесения на расточенную внутреннюю поверхность корпуса эпоксидной пасты с наполнителем из чугунной пыли. После затвердевания нанесенного слоя корпус растачивают на заданный размер. При увеличении бокового зазора между зубьями ведущей и ведомой шестерни их заменяют новыми.

7. Потеря герметичности предохранительным клапаном. Выявляется при испытании насоса на стендах. Седло клапана исправляют специальной конической зенковкой или сверлом.

После этого шарик устанавливается в гнездо и отчеканивается в фаску гнезда ударами по клапану через наставку.

8. Повреждение сетки маслоприемника. Неисправность выявляется осмотром. Поврежденные места сетки вырезают и накладывают на них латку из такой же сетки и оплавляют ее по периферии. Общая площадь запайки не должна превышать 10 % от площади сетки.

#### Отказы и неисправности масляных фильтров

1. Трещины и вмятины корпусных деталей и колпаков. Способ выявления – обычные методы дефектовки. Чаще всего детали корпуса с трещинами выбраковываются, реже восстанавливаются методами наварки или пайки, если трещины расположены в неответственных местах.
2. Ухудшение герметичности ротора центрифуги. Вследствие износа его подшипников. Способ выявления – микрометраж сопряжения: оси ротора – микрометром, втулки ротора-индикаторным нутромером. Способ восстановления сопряжения: втулки развертывают под ремонтный размер, ось замещают на новую с соответствующим ремонтным размером шейки.
3. Износ клапанов. Определяется осмотром выпирающей части клапана. Гнездо клапана исправляют конической разверткой, клапан заменяют на новый и обчеканивают его по гнезду.
4. Снижение упругости пружин. Накопление загрязнений в полостях, клапанах. Детали фильтров дополнительно моют в дизельном топливе щетками. Каналы прочищают ежами.

Универсальный контрольно-испытательный стенд КИ-5278 предназначен для обкатки, испытания и регулировки масляных насосов и масляных фильтров тракторных и комбайновых двигателей отечественных марок: Д-20, Д-21, Д-38(М), Д-40(К), Д-48(ЛМ), Д-50(Л), Д-54А, СМД-7, СМД-14(К), СМД-15(К), КМД-100(48), Д-108, А-41(01,03), ЯМЗ-238НБ.

Плита установки фильтров представляет собой плиту с масляными каналами, для удобства работы фиксируется в горизонтальном, вертикальном и промежуточном (угол 45°) положениях. С помощью проставок на плиту устанавливаются перечисленные фильтры и клапаны.

Плита насосов представляет цельнолитую плиту из серого чугуна в зависимости от марки насоса. Плита устанавливается в вер-

тикальном или горизонтальном положении. Насосы в плите закрепляются с помощью зажимов.

Гидравлическая схема стенда КИ-5278 (рис. 7.2.3) с помощью кранов распределителей настраивается на испытание масляных насосов и их клапанов или на испытание фильтров и отдельных клапанов.

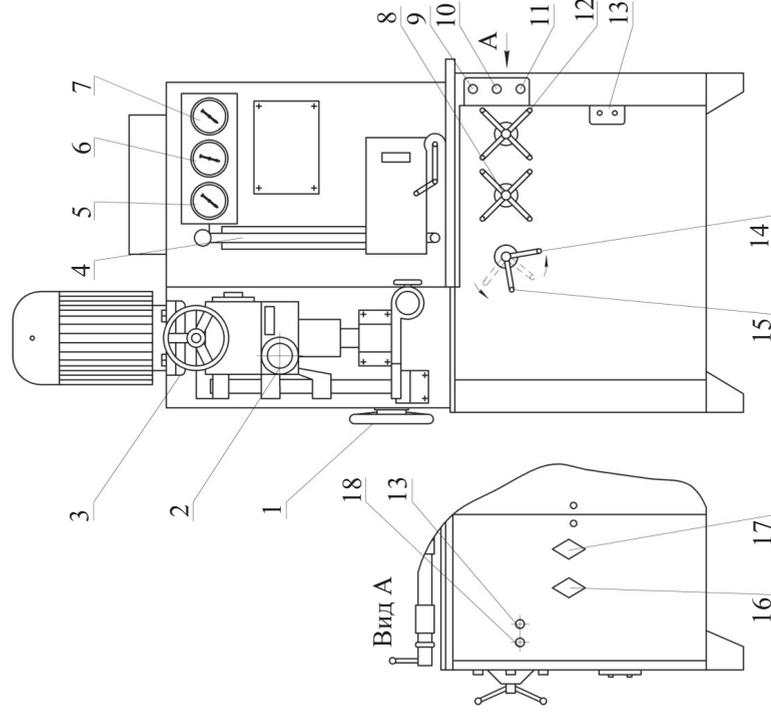


Рисунок 7.2.3 – Гидравлическая схема стенда КИ-5278:

- 1 – маховик подъема вариатора; 2 – тахометр 8 ТМЗ-0; 3 – маховик управления вариатором; 4 – трубка, указатель производительности; 5 – манометр, показывающий давление «До фильтров»; 6 – манометр, показывающий давление «В фильтре»; 7 – манометр, подсоединенный к гибкому шлангу для замера давления «В фильтре»; 8 – маховик управления дросселем после фильтра; 9 – кнопка «Пуск» включения электродвигателя; 10 – кнопка «Производительность» включения электромагнита для замера производительности; 11 – кнопка «Стоп» выключения электродвигателя; 12 – кнопка управления дросселем до фильтра; 13 – ручка включения подогрева; 14 – ручка управления распределителем; 15 – ручка управления сливным краном; 16 – управление электродвигателем (частота вращения); 17 – управление электродвигателем (реверс); 18 – включатель местного освещения; 19 – кнопка управления автоматическим выключателем

*Исходное положение перед включением стенда для работы с нагрузкой*

1. Положение вариатора должно соответствовать минимальному числу оборотов шпинделя.
- ВНИМАНИЕ!** Вращение маховика управления вариатором производить только при включенном двигателе.
2. Положение ручки 15 управления сливным краном должно быть «открыто».
3. Положение ручки 14 управления распределителем «Плита фильтров закрыта».
4. Маховички управления дросселями должны быть вывернуты в крайнее положение против часовой стрелки.

### Порядок выполнения работы

Изучить назначение, устройство и работу стенда.

По заданию преподавателей студенту предлагается провести дефектацию нескольких деталей агрегатов системы смазки и испытание агрегата.

### *Испытание масляного насоса на стенде КИИ-5278*

1. Приготовить испытательную смесь. В качестве испытательных применяют следующие смеси для насосов различных марок двигателей:

ЗИЛ-130, ЗМЗ-53	АС-8
Для всех остальных марок двигателей	81,5 % автота 10 38,5 % керосина
Для насосов дизельных двигателей	50 % масла ДЛ-11 и 50 % диз. топлива

2. Закрепить насос на установочной плите стенда как показано на рисунке 7.2.4. Проверить легкость вращения приводного валика.
3. Присоединить всасывающую трубку и нагнетательный шланг к насосу.
4. Присоединить приводной валик насоса к шпинделю, используя принадлежность, прилагаемые к стенду.
5. Произвести приработку масляного насоса на стенде. Режимы приработки масляных насосов приведены в таблице 7.2.1

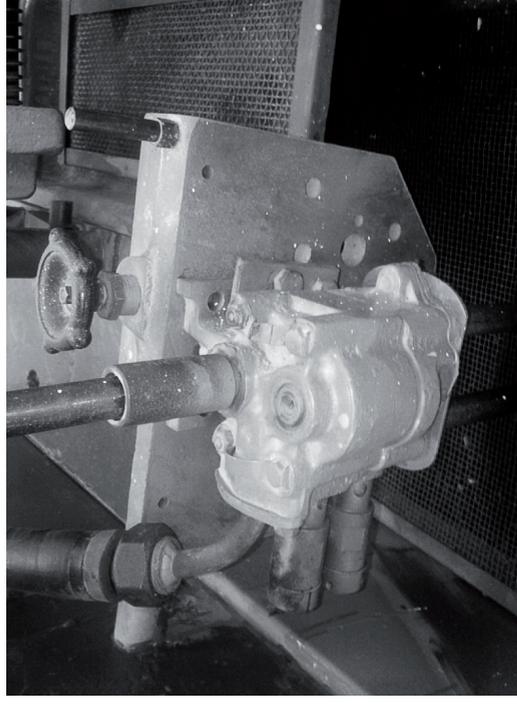


Рисунок 7.2.4 – Крепление масляного насоса к стенду

Таблица 7.2.1 – Режимы приработки масляных насосов

Обороты шпинделя	Давление магистрالی	Время обкатки, мин
1/3 от номинального	0	2
2/3 от номинального	0	1
Номинальные	0	1
Номинальные + 150 об/мин	0	0,5
Номинальные	1/3 номин.	1
Номинальные	2/3 номин.	1

### *Проверка работы предохранительного клапана*

1. Установите управление стендом в исходное положение.
2. Включить электропривод стенда кнопкой 9.
3. Вращением маховика 3 остановить обороты шпинделя стенда по тахометру.

4. Дроссель *I2* вращением по часовой стрелке до упора закрыть.
5. Дросселем *δ* вращением по часовой стрелке повышать давление нагнетательной полости до срабатывания клапана.
6. Сравните полученные данные давления с техническими условиями и сделайте выводы.

#### *Испытание насоса на производительность*

1. Управление в исходном положении.
2. Включить стенд.
3. Вращением маховика *з* установить обороты вала насоса по тахометру.
4. Дросселем *δ* вращением по часовой до упора закрыть.
5. Дросселем *I2* вращением по часовой стрелке установить необходимое давление.
6. Ручку *I5* управления сливным краном перенести в положение «Закрыто».
7. Нажать кнопку *10* «Производительность».
8. После того как отключится электромагнит золотника, необходимо дождаться, когда уровень в мерной трубке прекратит расти, и снять показания производительности.
9. Открыть сливной кран.
10. Вращением маховика *з* перевести обороты шпинделя к минимальным.
11. Перевести маховики управления дросселями *δ*, *I2* в крайнее положение против часовой стрелки.
12. Занести полученные данные испытаний в журнал и сделать выводы.

#### *Испытания масляных фильтров*

При испытании фильтров различных марок двигателей следует пользоваться указаниями специальной инструкции, прилагаемой заводом изготовителем к стенду. Установка масляных фильтров для испытаний на стенде КИ-5278 показана на рисунке 7.2.5.

Чтобы проверить число оборотов ротора, перестают придерживать его рукой. При нормальном числе оборотов вала насоса (5000 об/мин) и том же давлении (0,7–0,8 МПа) выжидают время, в течение которого ротор набирает полную скорость, и определяют число его оборотов в минуту.

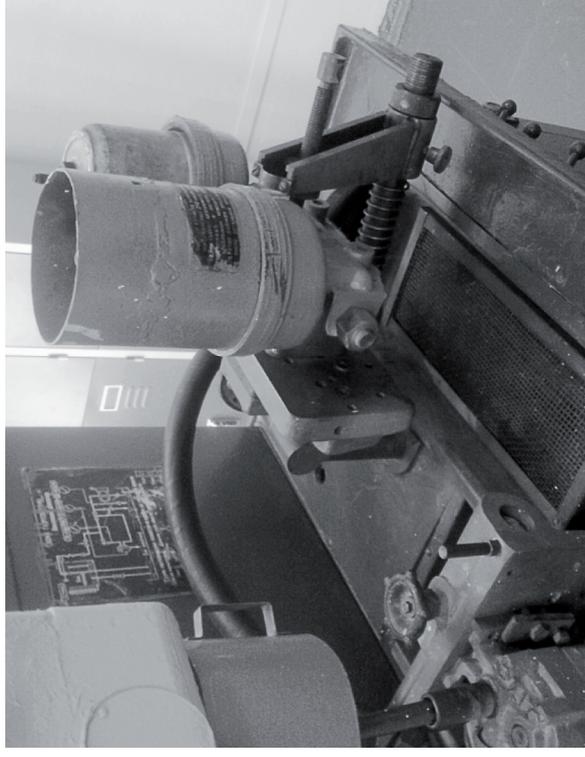


Рисунок 7.2.5 – Установка масляных фильтров для испытаний на стенде КИ-5278

Существуют следующие 4 основных способа определения числа оборотов ротора:

1. По времени свободного вращения (выбега) ротора после выключения двигателя стенда. В момент остановки мотора включить секундомер, а в момент остановки ротора секундомер тоже останавливают. Время свободного выбега должно быть не менее 30 секунд. Это наиболее простой и наиболее точный способ.
2. Лучшие результаты дает проверка числа оборотов ротора центрифуги при помощи тахометра ИО-10 с насадками, приставляемого к специально изготовленному и установленному на ротор ложному центру. Чтобы уменьшить тормозное действие тахометра на скорость вращения ротора, усилие, с которым представляется тахометр, должно быть минимальным, а продолжительность замера не более 5–10 секунд. При этом ротор не должен спускаться на торец нижней втулки.
3. Более точно число оборотов центрифуги можно определить при помощи вибрационного язычкового тахометра ПР-1308В.

Основными его частями являются корпус и прикрепленный к нему язычок-вибратор, представляющий собой плоскую пружину длиной 75 мм (до первой заклепки). При повороте крышки упорный винт пригибает язычок-вибратор к корпусу, изменяя его свободную длину и тем самым собственную частоту колебаний свободного конца.

Действие тахометра основано на резонансе колебаний язычка-вибратора с колебаниями оси ротора центрифуги, вызванными практически неизбежной неуравновешенностью ротора.

При определении числа оборотов при помощи вибрационно-го тахометра отвинчивают гайку крепления колпака и вместо него на ось поворачивают тахометр. Затем крышку устанавливают в положение, соответствующее свободной длине язычка-вибратора, и медленным вращением крышки укорачивают язычок-вибратор до тех пор, пока амплитуда колебаний его свободного конца будет максимальной. По шкале, тарировка которой проведена в зависимости от угла поворота, длины и характеристики пружины, определяют число оборотов ротора центрифуги.

4. Наиболее точно число оборотов ротора центрифуги определяют стробоскопическим устройством.

*При испытании масляной центрифуги на пропускную способность последовательность выполнения операции следующая:*

1. Установить фильр на плиту.
2. Установить положение рукояток в исходное положение.
3. Установить технологическую заглушку.
4. Выключить электродвигатель.
5. Вращением маховика 3 подобрать необходимые обороты шпинделя.
6. Дросселем 8 вращением по часовой стрелке закрыть.
7. Дросселем 12 регулировать необходимое давление в магистрале.
8. Закрыть сливной кран.
9. Нажать кнопку 10 (производительность).
10. Замерить производительность насоса.
11. Открыть сливной кран.
12. Рукоятку 14 установить в положение «Плита фильтров открыта».

13. Закрыть сливной кран.
14. Нажать кнопку 10 «Производительность».
15. Вернуть все системы в исходное положение.
16. Выключить электродвигатель.

Полученные результаты занести в журнал испытаний, сравнить с техническими условиями и сделать выводы.

### Содержание отчета о работе

1. Изучить содержание методических указаний.
2. Вычертить гидравлическую схему стенда (по указанию преподавателя).
3. Получить детали и провести дефектацию.
4. Составить карты дефектации на деталь агрегата системы смазки (по указанию преподавателя). Форма карты дефектации прилагается или студентам выдается чистый бланк. Заполнить карты дефектации необходимо четко, ясно, чертовым шрифтом.

### Контрольные вопросы

1. Перечислите основные отказы и неисправности масляных насосов.
2. Назовите отказы и неисправности масляных фильтров.
3. Каков порядок испытания масляного насоса?
4. Как проверить работу предохранительного клапана?
5. Каков порядок испытания насоса на производительность?
6. Каков порядок испытания масляных фильтров?

## РЕМОНТ И ИСПЫТАНИЕ УЗЛОВ СИСТЕМЫ ЗАЖИГАНИЯ, АВТОТРАКТОРНЫХ СТАРТЕРОВ И ГЕНЕРАТОРОВ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА, РЕЛЕ-РЕГУЛЯТОРОВ

### Ч. 1. РЕМОНТ АВТОТРАКТОРНЫХ СТАРТЕРОВ

#### *Цель работы:*

1. Освоить приемы сборки и сборки.
2. Изучить основные неисправности деталей, узлов и сборочных комплектов.
3. Изучить устройство и работу оборудования и приборов, применяемых для определения неисправностей стартеров.
4. Освоить выполнение основных ремонтных и контрольно-испытательных операций, их содержание и последовательность.
5. Выявить влияние отдельных показателей на работу стартеров.

**Оборудование, инструменты, приспособления:** универсальный контрольно-испытательный стенд СКИФ-1-01; переносной контактный дефектоскоп ПДО-1; контрольная лампочка 12 В; прибор для проверки якорей ППЯ модели 553; комплект оборудования, приспособлений и инструментов для ремонта автотракторного и комбайнового оборудования, микрометры 0–25 и 25–50 мм; стол поворотный ОПР-761-1-00-00; пресс специальный ОПР-761-2-00-00; стартеры исправные и с неисправностями; индикаторные головки часового типа со штативами.

#### **Общие положения**

В современном автотракторном оборудовании стартер является основным объектом системы пуска двигателя.

В автотракторных двигателях в качестве стартеров применяются электродвигатели постоянного тока последовательного возбуждения. Пуск стартеров осуществляется от аккумуляторных батарей.

Надежная работа системы пуска во многом зависит от состояния аккумуляторных батарей, чистоты и плотности крепления наконечников проводов на клеммах стартера, аккумуляторной бата-

рее и корпусе автомобиля, исправности реле включения и выключения зажигания, а также крепления стартера к картеру маховика двигателя. Следует помнить, что в зимнее время ухудшаются условия работы системы пуска. Понижение температуры электролита в аккумуляторной батарее вызывает значительное снижение ее емкости и падение напряжения при работе стартера, что уменьшает мощность и крутящий момент электродвигателя стартера.

Стартеры во время эксплуатации подвержены большому нагружению. Электродвигатели стартеров потребляют большую силу тока, поэтому неумелое пользование стартером приводит к его преждевременному отказу. Следует также учитывать, что стартер расположен на двигателе в таком месте, где он подвергается воздействию пыли, влаги, грязи и масла, что способствует разрушению изоляции электродвигателя и поломкам механизма привода.

Наиболее часто встречающиеся неисправности стартеров следующие: износ подшипников якоря электродвигателя стартера; замасливание и износ щеток и коллектора; замыкание щеткодержателей с корпусом; ослабление пружин щеткодержателей; замыкание обмоток на корпус; межвитковое замыкание в обмотках; обрыв обмоток.

Если стартер не работает, это может быть вызвано разрядкой аккумуляторной батареи, окислением наконечников и контактов к цепи стартера, обрывом цепи обмотки, окислением контактов тягового реле и реле включения стартеров, заклиниванием и износом коллектора, износом и зависанием щеток.

*Уменьшение мощности и частоты вращения на валу стартера.* Причиной этой неисправности могут быть малая емкость и низкое напряжение аккумуляторных батарей, окисление наконечников и контактов в цепи стартера, зависание и износ щеток, окисление контактных колец реле, уменьшение натяжения пружин щеткодержателей, замасливание и износ коллектора, замыкание на «массу» щеткодержателя, а также износ подшипников вала якоря.

*Повторяющиеся удары зубьев шестерни стартера о зубья вала маховика в момент включения стартера.* Они могут быть вызваны разрядкой аккумуляторной батареи и обрывом удерживающей обмотки реле, а также нарушением регулировки, согласующей ход шестерни и момент включения реле.

Заклинивание шестерни стартера в шестерне маховика, происходящее по причине изгиба вала якоря, поломки возвратной пружины

жины рычага привода, загрязнения ленточной нарезки вала якоря и перекоса стартера в месте его крепления.

Пробуксовка муфты свободного хода вызывается износом роликов и заеданием толкателей роликов муфты, а также износом зубьев шестерни венца маховика.

Большинство неисправностей можно обнаружить непосредственно на машине, однако для их устранения необходимо снять стартер.

*Неисправности привода стартера.* Заедание подвижных деталей привода на валу якоря происходит вследствие загрязнения шлицев и образования налета на поверхности вала от износа бронзовых подшипников втулки шестерни.

При проверке перемещают рукой шестерни с муфтой по шлицам вала к переднему подшипнику. Она должна свободно, без заедания перемещаться по шлицам вала и возвращаться в исходное положение под действием возвратной пружины. Если привод перемещается по валу с трудом или не возвращается, его разбирают и удаляют налет с вала шлифовальной шкуркой. Вал якоря и внутреннюю поверхность винтовых шлицев смазывают тонким слоем графитной смазки либо ЦИАТИМ-201 или ЦИАТИМ-202.

*Пробуксовка роликовой муфты свободного хода* происходит в результате износа роликов и пазов в обойме ступицы шестерни, а также из-за загрязнения внутренней полости муфты, что приводит к зависанию плунжеров или роликов.

Неисправная муфта промывается бензином или заменяется. После промывки муфту опускают в моторное масло на 3–5 минут. Проверить муфту свободного хода на пробуксовку можно динамометрической рукояткой. Для этого к шестерне прикладывается момент, превышающий в 2,5 раза крутящий момент стартера. У исправной муфты шестерня не должна проворачиваться. Вращение шестерни в противоположном направлении должно быть свободным, без заеданий.

*Заклинивание роликовой муфты свободного хода* происходит в результате несвоевременного отключения стартера при работающем двигателе. В случае заклинивания муфты после запуска двигателя значительно увеличивается частота вращения якоря электродвигателя стартера, что приводит к «разносу» якоря.

*Пробуксовка храповичной муфты свободного хода стартера* СТ142 двигателя КамАЗ происходит в результате заедания веду-

щей полумуфты на шлицах втулки. Для устранения пробуксовки муфты нужно снять и вынуть стопорные кольца. После разборки детали муфты промывают бензином. Ведущая полумуфта должна свободно перемещаться по спиральным шлицам втулки, а сучари – по штифтам. У собранной муфты при вращении шестерни от руки прослушивается ясное характерное «щелканье» храповичка. Перед сборкой детали храповичной муфты смазывают моторным маслом.

*Неисправности тягового реле.* Окисление и подгорание контактов поверхности болтов силовых клемм и контактного диска тягового реле возникают в результате сильного искрообразования в момент разрыва тока при выключении электрической цепи. Из-за окисления контактов поверхности увеличивается сопротивление цепи, вследствие чего уменьшается сила тока и мощность электродвигателя. При этом снижается частота вращения коленчатого вала двигателя, или вал не вращается совсем. При многократных включениях реле, благодаря ударам контактного диска о торцы болтов клемм, окисная пленка может отслоиться, и стартер будет включаться вновь. Окисленные и подгоревшие поверхности торцов головок контактных болтов и диска (или контактной пластины) зачищают напильником или шлифовальной шкуркой, а затем шлифуют. При сильном износе головок болтов, диска (пластины) болты поворачивают на 180° вокруг оси, а диск (пластину) переворачивают другой стороной. При сборке тягового реле необходимо правильно устанавливать на место наконечник проводов втягивающей обмотки.

*Обрыв обмоток тягового реле* обычно возникает в местах пайки концов обмоток к клеммам реле. В случае обрыва втягивающей обмотки тяговое реле не будет срабатывать. При обрыве удерживающей обмотки втягивающая обмотка обеспечит включение цепи стартера, но в момент замыкания контактного диска с торца клемм эта обмотка закорачивается и тока в ней не будет. В результате возвратная пружина выведет шестерню привода из зацепления с венцом маховика, а пружина отключит контактный диск от торцов болтов клемм реле. В этот момент втягивающая обмотка снова подключается в цепь батареи, якорь втягивается внутрь реле и вводит шестерню привода в зацепление с венцом маховика, а контактный диск вновь замыкается с болтами клемм. В результате повторяющихся включений и выключений шестерни при-

вода с венцом маховика будут слышны характерные частые резкие удары.

Обрыв обмоток определяют подключением проверяемой обмотки к аккумуляторной батарее. При проверке обмоток тягового реле отключают от него клемму привода от электродвигателя. Для проверки втягивающей обмотки проводники от батареи подключают к клеммам реле. При исправной обмотке якоря – резко втягивается реле. Для проверки удерживающей обмотки один провод от батареи подключают к корпусу, а другой – к клемме реле. При исправной обмотке якорь будет мягко втягиваться в реле. Неисправность устраняют припаиванием обмотки к клеммам или заменой обмотки.

*Неисправности электродвигателя стартера.* Износ подшипников якоря возникает в результате длительной работы стартера, особенно при недостаточной смазке. Износ подшипников приводит к уменьшению зазора между сердечником якоря и полюсными сердечниками, в результате чего может появиться заедание. При этом затрудняется вращение якоря и повышается шум во время работы стартера. Кроме того, может произойти замыкание обмотки якоря на корпус. Изношенные подшипники (втулки) заменяют.

Замена производится в следующей последовательности: изношенную втулку впрессовывают, новую втулку запрессовывают и производят развертку ее внутреннего диаметра до определенного размера, соответствующего диаметру вала якоря.

*Замасливание щеток коллектора* увеличивает сопротивление в цепи обмоток электродвигателя, поэтому снижаются потребляемая им сила тока и мощность электродвигателя стартера. Замасленные коллектор, щетки и щеткодержатели протирают чистой ветошью.

*Износ щеток и коллектора* сопровождается уменьшением усилия прижатия щеток к коллектору, что снижает силу тока в цепи стартера. Кроме того, металлографитная пыль, образующаяся при износе щеток и коллектора, оседает на поверхности крышки и может вызвать замыкание изолированных щеток на корпус, что приводит к отказу в работе стартера.

Измеряют высоту щеток и заменяют их, если они изношены более допустимого значения. Изношенный коллектор притачивают до выведения следов износа, но не более 1 мм по диаметру, а затем шлифуют.

Проверяют *подвижность щеток в щеткодержателях*, для чего приподнимают крючком пружину и, слегка дергая канатик щетки,

перемещают ее в щеткодержателе. Щетки должны перемещаться легко, без заедания.

*Ослабление пружин щеткодержателей* бывает при продолжительных включениях стартера, когда происходит перегрев щеткодержателей. При такой неисправности уменьшается усилие прижима щеток к коллектору и снижается сила тока в цепи электродвигателя.

Усилие давления пружины на щетки измеряют динамометром. Для этого необходимо приподнять щетку и положить между ней и коллектором полосу тонкой бумаги. Затем крючком динамометра зацепить за конец пружины и, расположив вдоль оси щетки, приподнять ее до свободного передвижения полоски бумаги. В этот момент отметить показания движка динамометра. В случае уменьшения усилия давления пружины более чем на 25 % от номинальной величины, даже при малом износе щетки, пружину необходимо заменить.

*Замыкание обмоток возбуждения и якоря на корпус* происходит при механическом или тепловом разрушении изоляции проводов. В случае замыкания обмотки возбуждения на корпус происходит закорачивание части обмотки, что значительно снижает магнитный поток. При этом уменьшается крутящий момент и мощность электродвигателя стартера. Кагушку обмотки возбуждения с поврежденной изоляцией заменяют на исправную. Если произошло замыкание обмотки якоря на сердечник (корпус), то в цепи электродвигателя проходит ток чрезмерно большой силы, а якорь не вращается. Якорь с поврежденной изоляцией обмотки подвергается ремонту или заменяется.

#### *Стенд диагностический СКДФ-1-01*

Стенд предназначен для измерения силы постоянного тока, электрического напряжения и сопротивления при контроле и диагностике электрооборудования автотранспортных средств.

Стенды применяются в условиях автотранспортных предприятий и станций технического обслуживания.

Стенд позволяет выполнять:

- измерение и контроль технических характеристик генераторов постоянного и переменного (с выпрямителем) тока с номинальным напряжением 12 В и 24 В и мощностью до 3 кВт в режиме холостого хода и под нагрузкой до 1,2 кВт;

- измерение параметров и регулировку реле-регуляторов к генераторам;
- измерение параметров стартеров с номинальным напряжением 12 В и 24 В мощностью до 9 кВт в режиме холостого хода;
- проверку на работоспособность коммутационных реле и реле регуляторов;
- измерение параметров электродвигателей вспомогательных механизмов автомобиля;
- проверку исправности полупроводниковых приборов;
- измерение сопротивлений.

Стенд предназначен для эксплуатации в помещениях с искусственно регулируемыми условиями при температуре окружающего воздуха 10–35 °С, относительной влажности до 80 % при 25 °С и атмосферном давлении от 650 до 800 мм рт. ст.

Общий вид стенда показан на рисунке 8.1.1.

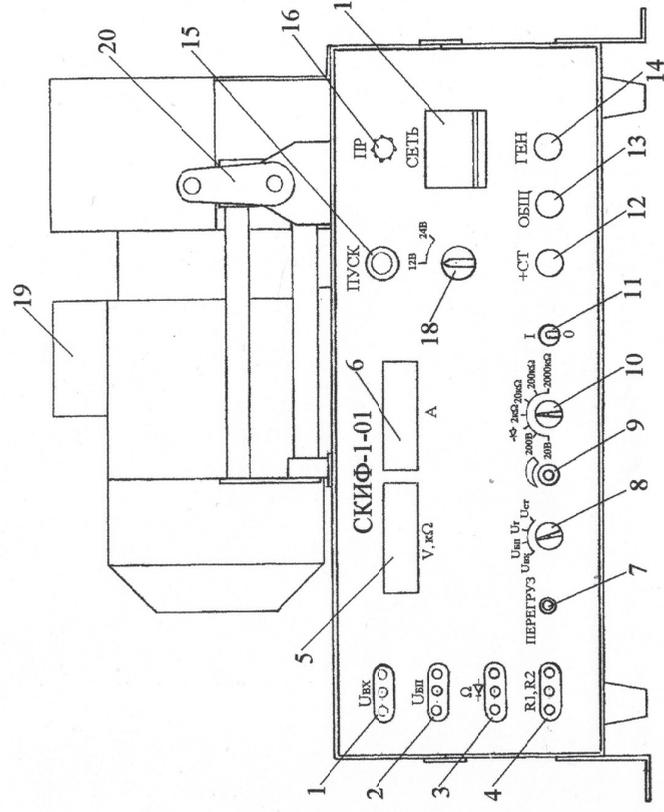


Рисунок 8.1.1 – Общий вид стенда СКМФ-1-01

На основании закреплены: каретка 20 для установки проверяемых генераторов и привод 19. Спереди, на панели управления расположены: автоматический выключатель сети 17 (Q1), выключатель электродвигателя привода 11 (S1), предохранитель 16 (IP).

Ввод сетевого кабеля находится сзади, внизу. На левой стороне основания расположен болт заземления.

На лицевой панели расположены: переключатель напряжения и нагрузки 18 (S2); кнопка «ПУСК» 15 (SB1); клеммы 12, 13, 14 для подключения проверяемых стартеров и генераторов; вольтметр 1; омметр 5; розетка омметра 3 (X3); амперметр 6; розетка 4 для подключения резисторов нагрузки R1 и R2 (X4); резистор-регулятор выходного напряжения постоянного тока с блока питания 9 (RPI); переключатель пределов измерения напряжения – сопротивления 10 (S4); розетка 2 (X1) – выход регулируемого напряжения постоянного тока; розетка внешнего входа вольтметра 1 (X2); переключатель входов вольтметра 8 (S3); индикатор перегрузки 7 (HL1).

Проверяемые стартеры и генераторы крепятся на каретке 1 (рис. 8.1.2) с помощью стяжки 1, представляющей собой цепь с натяжным винтом. При необходимости под агрегат с целью исключения касания шкива генератора за гайку каретки подкладываются прокладки 2 из комплекта принадлежностей.

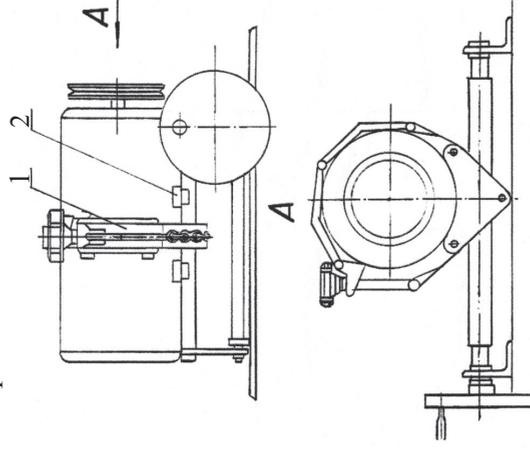


Рисунок 8.1.2 – Установка стартера или генератора на каретке

В комплект принадлежностей стенда входят провода и щупы, необходимые для подключения проверяемого электрооборудования к схеме стенда.

При перегрузке блока питания или коротком замыкании в нагрузке срабатывает схема защиты и включается светодиод «ПЕРЕГРУЗКА». Для снятия срабатывания защиты необходимо вывести регулятор выходного напряжения в крайнее левое положение и выключить стенд. После кратковременной выдержки (20 секунд для разрядки конденсаторов) вновь включить стенд.

### **Порядок выполнения работы**

1. Наружным осмотром установить комплектность стартера и выявить наружные повреждения, наличие зазора в подшипниках (втулках) якоря.
2. Проверить привод, для этого необходимо перемещать рукой шестерню с муфтой по шлицам вала к переднему подшипнику.
3. Проверить работу тягового реле. В случае несрабатывания тягового реле его разбирают и окислившиеся контактные болты, а также диск зачищают напильником, а затем шлифуют.
4. Определить износ щеток измерением, в случае большого износа заменить.
5. Разобрать стартер. Последовательность разборки стартера производить согласно альбому технологических карт.
6. Определить целостность обмоток возбуждения при помощи щупы прибора ППЯ или ПДО-1. Для этого необходимо прикладывать щупы прибора ППЯ к выводным концам обмоток.
7. Определить наличие или отсутствие замыкания обмоток возбуждения на корпус при помощи прибора ППЯ, прикладывая один щуп прибора к корпусу стартера, а второй (поочередно) – к выводным концам.
8. Определить наличие короткого замыкания витков («виткового замыкания») следующими способами:
  - а) измерить сопротивление обмоток омметром. Проверить настройку омметра на  $\infty$ , соединить выводные провода омметра с выводными концами испытываемых обмоток (исправной и неисправной) и измерить их сопротивление. Полученные результаты записать и сравнить с техническими условиями;
  - б) на индукционном приборе для проверки обмоток якоря. Надеть испытываемые обмотки (исправную и неисправную) на

железный брусок (сердечник) и наложить на башмаки прибора ППЯ. Концы обмоток не должны быть замкнуты. Включить прибор в цепь переменного тока 220 В и проверить наличие нагревания обмоток в течение 5–10 минут.

9. Определить обрыв в цепи обмоток якоря:
  - а) уложить якорь на башмаки прибора ППЯ и включить прибор в цепь переменного тока 220 В;
  - б) проворачивая якорь, прикладывая щупы амперметра последовательно к каждой паре горизонтально расположенных пластин коллектора и найти пластины, на которых показания амперметра будут равны нулю (или близки к нему).
10. Определить наличие замыкания на железу якоря:
  - а) один из щупов приложить к железу якоря, а вторым щупом провести по коллекторным пластинам; при замыкании лампа будет гореть;
  - б) определить секцию, в которой имеется замыкание: уложить якорь на башмаки прибора, включить прибор в цепь переменного тока 220 В, приложить один щуп амперметра к железу якоря, а второй – к горизонтально расположенной пластине коллектора и, поворачивая якорь, найти пластину, на которой показания амперметра будут равны нулю.
11. Определить наличие короткого замыкания между витками обмотки (витковое замыкание):
  - а) с помощью прибора ППЯ. Уложить якорь на башмаки прибора, включить прибор в цепь переменного тока 220 В, наложить на обращенный вверх паз якоря тонкую стальную пластину и, поворачивая якорь, найти пазы, над которыми будет происходить дребезжание платины;
  - б) с помощью портативного дефектоскопа ПДО-1. Включить дефектоскоп в цепь 12–24 В и, накладывая поочередно на пазы якоря, найти по свечению неоновой лампы пазы с обмотками, имеющими витковое замыкание.
12. Проверить состояние коллектора:
  - а) уложить якорь (с отсоединенными от коллектора или снятыми обмотками) на подставку; прикладывая щупы к соседним пластинам коллектора, определить наличие замыкания между пластинами;
  - б) приложить один щуп контрольной лампы 220 В к железу якоря, вторым щупом контрольной лампы провести по пласти-

нам коллектора и определить наличие замыкания пластин на железо якоря;

в) установить якорь на станок для проточки и фрезерования коллекторов и ознакомиться с устройством и работой станка.

13. Собрать стартер. При сборке стартера необходимо руководствоваться альбомом технологических карт на разборку, ремонт, сборку стартеров (альбом находится на рабочем месте).

14. Испытать стартер в режиме холостого хода на приборе СКИФ-1-01.

Стартеры проверяются на стенде в режиме холостого хода. Схема подключения стартера при проверке в режиме холостого хода показана на рисунке 8.1.3. Основные типы электрических схем стартеров приведены на рисунке 8.1.4.

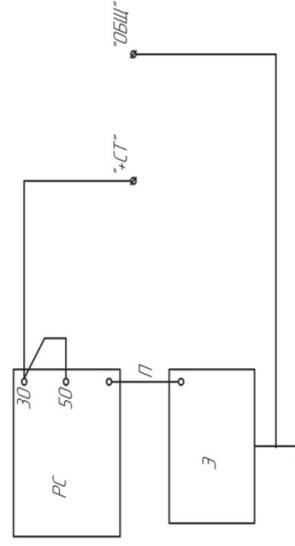


Рисунок 8.1.3 – Схема подключения стартера при проверке в режиме холостого хода

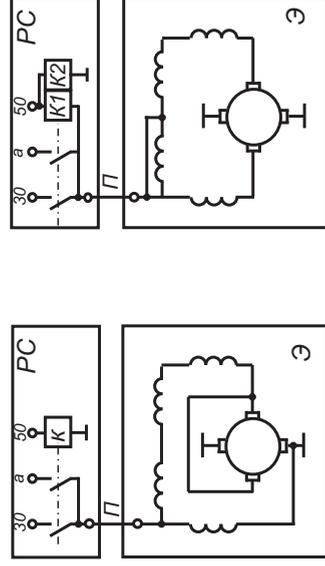


Рисунок 8.1.4 – Основные типы электрических схем стартеров:  
РС – тяговое реле стартера; Э – электродвигатель стартера; К – обмотка реле;  
К1 – втягивающая обмотка; К2 – удерживающая обмотка; П – перемычка;  
30 – к аккумуляторной батарее; 50 – к реле включения стартера

Наличие дефектов (тугое вращение вала в подшипниках и др.) вызывает увеличение потребляемой мощности при холостом ходе, вследствие чего ток холостого хода увеличивается, а частота вращения якоря падает ниже нормы. Параметры проверки стартеров в режиме холостого хода приведены в таблице 8.1.1.

Таблица 8.1.1 – Параметры проверки стартеров в режиме холостого хода

Тип стартера	Номинальное напряжение, В	Номинальная мощность, кВт	Ток холостого хода, А, не более	Частота вращения, об/мин, не менее
26.3708, 40.3708	12	1,13	70	5000
СТ221	12	1,3	35	5000
29.3708	12	1,3	75	5000
35.3708	12	1,3	75	5000
42.3708	12	1,65	75	5000
421.3708	12	1,65	75	5000
СТ130-А3	12	1,8	90	3400
35.3708	12	1,3	75	5000
СТ230-А1; -Б1	12	1,5	80	4000
СТ230-И; -К1	12	1,6	85	4000
СТ230-Д	12	1,6	75	4000
СТ230-Е; -Л	12	1,32	75	4000
СТ222-А	12	2,2	120	5000
20.3708; 201.3708	24	5,9	120	5000
СТ25; СТ100	24	5,3	90	5500
СТ142-Б	24	8,3	130	7000
30.3708	24	7,3	130	7000
321.3708	24	8,3	130	7000
25.3708	24	8,0	110	5000
25.3708-01	24	8,2	110	5000
251.3708	24	8,2	110	5000
253.3708	24	8,8	110	5000
38.3708	24	9,0	110	5000

Увеличение тока и уменьшение частоты вращения якоря может быть следствием межвиткового замыкания в обмотке якоря.

Межвитковое замыкание в обмотке возбуждения у стартеров большой мощности приводит к повышению частоты вращения якоря.

Продолжительность проверки стартера в режиме холостого хода не более 10 секунд.

### Содержание отчета о работе

1. Изучить содержание методических указаний.
2. Схемы и результаты испытаний записать в отчет.

### Контрольные вопросы

1. Какие неисправности бывают у обмоток возбуждения стартера и способы их определения?
2. Какие неисправности бывают у обмоток якоря стартера и способы их определения?
3. Какие неисправности бывают у коллектора якоря стартера?
4. Как производится ремонт коллектора?
5. Как производится проверка муфты свободного хода на пробокровку?
6. Какие неисправности бывают у тягового реле и способы их определения?
7. Как определяют упругость пружин щеткодержателя?
8. Каково устройство и назначение стента СКИФ-1-01?
9. Укажите последовательность замены втулки (подшипника) стартера.
10. Как производится контроль и испытание стартера? Назовите режимы испытаний.
11. Какова технология ремонта стартера?

## Ч. 2. РЕМОНТ ГЕНЕРАТОРОВ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА, РЕЛЕ-РЕГУЛЯТОРОВ

### Цель работы:

1. Освоить приемы разборки и сборки генераторов.
2. Изучить основные неисправности деталей, узлов, сборочных комплектов.
3. Изучить устройство и работу оборудования, применяемого для ремонта генераторов переменного тока.
4. Освоить выполнение основных ремонтных и контрольно-испытательных операций, их содержание и последовательность.
5. Выявить влияние отдельных показателей на работу генераторов.

**Оборудование, инструменты, приспособления:** универсальный контрольно-испытательный стенд СКИФ-1-01; переносной контактный дефектоскоп ПДО-1; контрольная лампочка 12 В; прибор для проверки якорей ППЯ модели 553; комплект оборудования, приспособлений и инструментов для ремонта автотракторного и комбайнового оборудования, микрометры 0–25 и 25–50 мм; стол поворотный ОПР-761-1-00-00; пресс специальный ОПР-761-2-00-00; генераторы переменного тока исправные и с неисправностями, в собранном и разобранном виде, набор соединительных проводов; индикаторные головки часового типа со штативами; приспособления для проверки биения контактных колец в центрах.

### Общие положения

В современном автотракторном оборудовании генератор является основным источником электрической энергии, при этом он не только снабжает его потребителей, но и подзаряжает аккумуляторную батарею.

К генераторам предъявляют следующие требования: простота конструкции, надежность в эксплуатации, малые габаритные размеры и масса, невысокая стоимость изготовления, способность давать требуемый зарядный ток при пониженных оборотах коленчатого вала двигателя, способность самоограничивать ток при увеличении его частоты вращения.

Большое распространение в настоящее время получили генераторы переменного тока с электромагнитным возбуждением. По

конструктивным особенностям эти генераторы разделяют на следующие основные группы:

- а) с электромагнитным возбуждением и встроенными выпрямителями (типа Г250);
- б) индукторные с двухсторонним и односторонним возбуждением (Г304, 306) и встроенными выпрямителями;
- в) с электромагнитным возбуждением и отдельными селеновыми выпрямителями (Г285);
- г) с встроенным электронным регулятором напряжения (типа 37.3701).

Эти генераторы устанавливаются на современных энергонасыщенных тракторах и автомашинах взамен генераторов постоянного тока.

В настоящее время широкое распространение получили генераторы со встроенным электронным регулятором напряжения, составляющие генераторную установку.

Сведения о применяемости генераторов и генераторных установок приведены в таблице 8.2.1.

Таблица 8.2.1 – Сведения о применяемости генераторных установок

Генератор	Регулятор	Номинальное напряжение, В	Установлен на автомобиле, тракторе, комбайне
Г221 Г221-А	РР380 121.3702	12 (14)	ВАЗ моделей 2101, 2102, 2121, 21011, 21013
Г222	Я112В	14	ВАЗ моделей 2104, 2105, 2107, 1111; ЗАЗ-1102; АЗЛК моделей 2141, 2141-01, 21412-01
Г250-12	22.3702	14	ГАЗ-53 и модификации
Г250-Д2	22.3702	14	ГАЗ-52 и модификации
Г250-Е2	201.3702	14	УАЗ моделей 452А, 469М; РАФ-977ДМ
Г250-Н2	201.3702	14	ГАЗ-24 и модификации; УАЗ моделей 469Б, 451М
Г250-П2	РР132-А	12	УАЗ моделей 469Б, 452, 3151, 3741 и их модификации
Г254	Я112-А	14	ГАЗ-51
Г263-А	РР363	28	БелАЗ моделей 540, 548
Г266-Г	Я112-А	14	ПАЗ моделей 672М, 3201

Генератор	Регулятор	Номинальное напряжение, В	Установлен на автомобиле, тракторе, комбайне
Г272	РР356	28	КамАЗ-5320 и модификации
Г273-В	Я120-М1	28	КамАЗ типа 6х4; МАЗ-5337 и модификации
Г287	РР132-А	14	ГАЗ-66 и модификации
Г287-Б	РР132-А	14	ЗИЛ-131Н; «Урал-375» и модификации
Г288	1112.3702	28	КАЗ-4540
Г288-А	1112.3702	28	ГАЗ-3403, КраЗ-255В и модификации
Г288-Е	1112.3702	28	«Урал-4320» и модификации; КамАЗ типа 6х6; КраЗ-260 и модификации
Г289	Я120-М	28	ЛАЗ-4202; ЛпАЗ-5256

*Неисправности генераторов переменного тока и способы их устранения*

*Ротор, дефекты механического характера:*

- забитость торцов вала и центровых отверстий;
- срыв, забитость или износы резьбы как со стороны контактных колец, так и со стороны привода;
- износы шеек вала со стороны привода и со стороны контактных колец;
- износы контактных колец.

Выявление механических дефектов осуществляется внешним осмотром и измерительным инструментом.

*Способы устранения механических дефектов.*

Забитость центровых отверстий вала устраняют центровочными сверлами на токарном станке. Срыв отдельных витков резьбы или забитость их устраняют прогонкой резьбы плашкой. При износе резьбы нарезают резьбу ремонтного размера.

Износ шеек вала до 0,02 мм устраняют накаткой рифленным роликом с последующей шлифовкой. Можно применять осталивание, наплавку, электроконтактную приварку металлического слоя, электроискровую обработку, полимерные материалы.

Изношенные контактные кольца протачивают и шлифуют. Проточку проводят до выведения следов износа, но не более 1 мм по

диаметру. При износе колец более 1 мм их заменяют. С этой целью отплавляют концы обмотки возбуждения, и изношенные кольца спрессовывают с вала. Новые кольца напрессовывают на вал, протачивают и шлифуют шлифовальной шкуркой с зернистостью двух групп 25-16 и 5-M20. Шероховатость должна быть в пределах  $Ra = 1,25$  мм.

#### *Дефекты электрической части генератора:*

- обрыв или отпайка соединительных проводов, соединяющих обмотку возбуждения с контактными кольцами;
- пробой изоляции на массу;
- межвитковое замыкание.

При обрыве и отпайке выводных проводов обмотки производят их пайку с последующей изоляцией. При наличии пробоя изоляции на массу или межвиткового замыкания в обмотке возбуждения её заменяют новой.

#### *Статор*

К механическим дефектам статора относятся забоины и заусенцы на полюсах. Устранение дефектов проводов проводят зачисткой мест забоин и удалением заусенцев, расточкой на токарном станке.

К дефектам электрической части статора относятся: обрыв обмотки; замыкание обмотки на сердечник; межвитковое замыкание; износ щеток.

Плохой контакт в сопряжении «щетка – контактное кольцо» возникает по причине замасливания, зависания или износа щеток, потери упругости пружины. Устранение неисправности следует начинать с очистки каналов щеткодержателя от пыли и грязи и достижения свободного перемещения щеток. Щетки, изношенные до высоты 8 мм и менее, заменяют новыми. Контактные кольца можно протереть ветошью, смоченной бензином; окисленную поверхность зачищают стеклянной шкуркой зернистостью 10–14. Упругость пружины определяется с помощью динамометра или стрелочных весов. Усилие, развиваемое при этом пружинной, должно быть в пределах 1,5–2 Н.

Обрыв обмотки возбуждения сопровождается снижением ЭДС в обмотке статора до величины не более 5 В. Эта величина обусловлена остаточным магнетизмом стали ротора.

Обрыв вывода кагушек или в соединениях кагушек устраняют пайкой с использованием бескислотного флюса (канифоли) поврежденных проводов с последующей их изоляцией.

При межвитковом замыкании или замыкании на корпус кагушку следует заменить новой.

#### *Выпрямительный блок*

Выпрямительный блок может иметь дефекты как механического характера, так и электрического.

К механическим дефектам относятся обломы пластмассового корпуса и местное подгорание. Эти дефекты выявляются наружным осмотром. При наличии механического повреждения пластмассового основания или при местном подгорании блока его заменяют новым.

К электрическим дефектам относятся: обрыв внутри диода и пробой диода. Проверка диодов на пробой и обрыв проводится контрольной лампой 1 Вт от аккумуляторной батареи или от генератора напряжением 12 В. Схема проверки выпрямительного блока генератора представлена на рисунке 8.2.1. Неисправные диоды заменяют новыми.

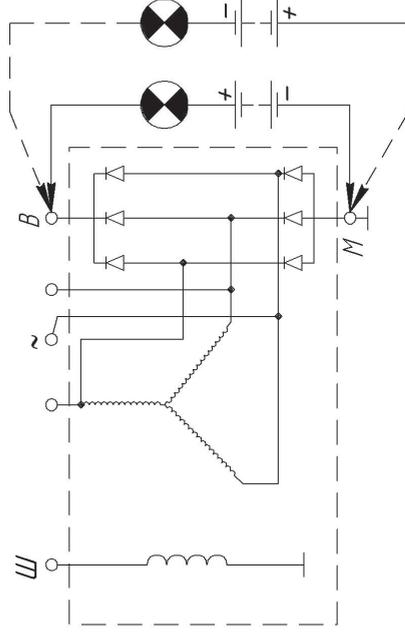


Рисунок 8.2.1 – Схема проверки выпрямительного блока генератора

#### *Крышки со стороны контактных колец и со стороны привода*

Основными дефектами крышек являются:

- наличие трещин и обломов;
- забитость или износы резьбы;

Трещины и обломы, забитость и износы резьбы выявляют наружным осмотром и измерительным инструментом.

При износе или срыве резьбы не более двух витков под винт крепления отверстие восстанавливают методом прогонки резьбы.

При износе отверстия под шарикоподшипник более 0,3 мм отверстие растачивают под установку ремонтной втулки, запрессовывают и растачивают ее до номинального размера.

Изношенные отверстия под болты крепления генератора к кронштейну восстанавливаются постановкой ремонтных втулок.

#### *Неисправности реле-регуляторов, способы обнаружения и устранения*

Реле-регуляторы (регуляторы напряжения, реле обратного тока и ограничитель тока) имеют дефекты как механического характера, так и электрического.

К механическим дефектам относятся деформация и обломы корпуса, а также местное подгорание контактов. Эти дефекты выявляют наружным осмотром.

К электрическим дефектам относятся обрывы катушек, обрывы внутри диодов и пробой диодов.

#### *Разборка генераторов*

Устанавливают генератор на специальную подставку и вывинчивают винт массы, снимают пружинную шайбу и скобу. Затем отвинчивают поочередно три винта, снимают крышку и три пружинные шайбы. Отвинчивают поочередно два болта и снимают шесткодержатель в сборе, откручивают гайку, крепящую шкив, снимают пружинную и простую шайбы. Затем отвинчивают поочередно четыре стяжных винта, пружинные шайбы. Крышку со стороны контактов снимают с вала при помощи съемника. Отсоединяют поочередно три вывода фазных обмоток статора от соответствующих выводов блока выпрямителя и снимают статор. Затем отсоединяют блок выпрямителей от крышки.

Заключительными разборочными операциями являются: выпрессовка шарикоподшипника с шейки вала ротора со стороны контактных колец на реечном прессе и разборка крышки со стороны привода.

#### *Проверка обмотки возбуждения*

Обрыв выводов концов обмотки определяют при помощи щупов, соединительных проводов, контрольной лампы и гнезд на ле-

вой панели на стенде КИ-968, подключенных на напряжение 12 В. Для этого необходимо собрать схему, установить ротор генератора на изолированную панель стенда и включить стенд. Для включения стенда необходимо штекеры аккумуляторных батарей (схема стенда КИ-968) и переключатель массы вставить в соответствующие гнезда на нижней панели стенда, а переключатель рода работ поставить в положение «Батарея». Подключить схему к гнездам левой панели стенда «Батарея» 12 В и, касаясь щупами обоих контактных колец, наблюдать за контрольной лампой. Если лампа горит, то обрыва нет, если нет – имеется обрыв.

Замыкание на массу определяется с помощью щупов, соединительных проводов, контрольной лампы, прибора ППЯ (рис. 8.2.3), подключенного на напряжение 220 В. Касаясь одним щупом вала ротора, а другим поочередно контактных колец, необходимо наблюдать за контрольной лампой. Если лампа горит, то имеется замыкание на массу (пробой), если не горит – замыкания на массу нет.

Межвитковое замыкание в обмотке ротора определяется изменением сопротивления обмотки по схеме (рис. 8.2.2) напряжением 12 В. Касаясь щупами двух контактных колец одновременно, изменить сопротивление обмотки.

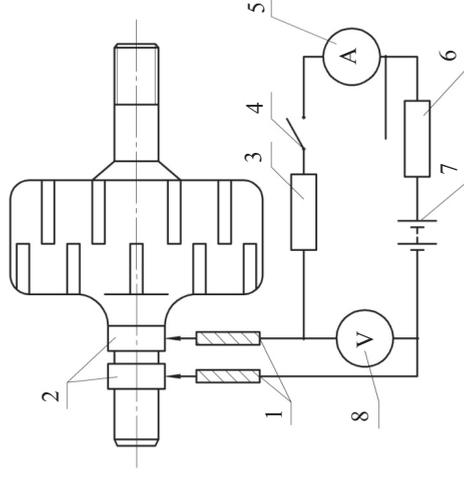


Рисунок 8.2.2 – Схема включения приборов при замере сопротивления обмотки возбуждения:

1 – щупы; 2 – кольца контактные; 3 – предохранитель; 4 – выключатель; 5 – амперметр; 6 – реостат; 7 – батарея; 8 – вольтметр

Если сопротивление обмотки окажется меньше табличного, то обмотка имеет межвитковое замыкание.

*Проверка обмотки статора.*

Обрыв обмотки статора определяют при помощи шупов, соединительных проводов, контрольной лампы и напряжения 12 В на стенде КИ-968. Необходимо собрать схему, установить статор генератора на изоляционную панель стенда и включить стенд. Для этого подключить схему к гнездам левой панели стенда «Батарея» 12 В, коснуться одним шупом одного вывода статора, а другим – поочередно двух других выводов. При этом, если контрольная лампа загорится, то в обмотке имеется обрыв.

Замыкание на массу определяется при помощи прибора ППЯ (прибор проверки якоря) аналогично проверке обмотки возбуждения, под напряжением 220 и 250 В. Схема прибора изображена на рисунке 8.2.3. Касаясь одним шупом корпуса статора, а другим поочередно трех выводов обмотки, наблюдать за контрольной лампой. Если лампа горит, то обмотка замыкает на корпус (пробой), если не горит – замыкания на массу нет.

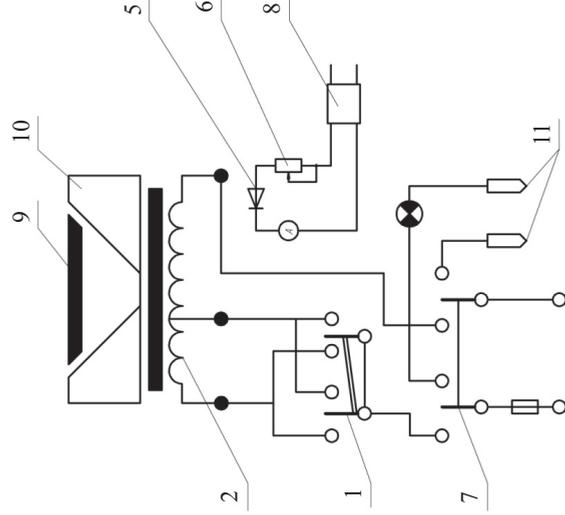


Рисунок 8.2.3 – Электрическая схема прибора ППЯ-533:

1, 7 – переключатели; 2 – автотрансформатор; 4 – амперметр; 5 – диод; 6 – реостат; 8 – вилка; 10 – магнитопровод; 11 – шупы

Межвитковое замыкание в обмотке статора определяется изменением сопротивления обмотки по схеме, аналогичной (рис. 8.2.2) для проверки сопротивления обмотки возбуждения. Если сопротивление обмотки окажется меньше оговоренного техническими условиями, то обмотка имеет межвитковое замыкание.

*Проверка биения контактных колец на приспособление, щеткодержатель и щетки.*

Биение контактных колец относительно вала должно быть не более 0,1 мм для всех типов роторов. Биение колец проверяется с помощью индикаторных головок часового типа при установке вала в центрах на приспособлении для проверки биения контактных колец.

Отличительной особенностью методики проверки генераторов на стенде является то, что они по своим техническим характеристикам проверяются на фиксированных частотах вращения. В справочной литературе параметры, определяющие техническое состояние генераторов, приводятся для частот вращения, отличающихся от частот вращения при проверке на стенде, поэтому оценкам технического состояния генераторов по выходным характеристикам осуществляется посредством измерения дополнительного параметра – измерением напряжения на обмотке возбуждения. Параметры проверки генераторов на стенде СКИФ-1-01 приведены в таблице 8.2.2.

Таблица 8.2.2 – Параметры проверки генераторов

Тип генератора	Выходное напряжение, В	Ток нагрузки, А	Напряжение на обмотке возбуждения, В, не более		Сопр. обмотки возбуждения, Ом
			без нагрузки	с нагрузкой	
Г221-А	14	25-30	7	11	4,3
Г222	13	25-30	7	10	3,7
Г250-В3	12,5	25-30	5	10	3,7
Г250-Д2	12,5	25-30	4,5	9	3,7
Г250-Е2	12,5	25-30	4,5	9,5	3,7
Г250-Н2	12,5	25-30	4	8,5	3,7
Г250-Г1	12,5	15-20	6,5	11	3,7
Г250-Ж1	12,5	25-30	5,5	9,5	3,7
Г250-П2	12,5	25-30	4,5	10	3,7

Продолжение

Тип генератора	Выходное напряжение, В	Ток нагрузки, А	Напряжение на обмотке возбуждения, В, не более		Сопр. обмотки возбуждения, Ом
			без нагрузки	с нагрузкой	
Г266-А1	14	30-40	5	10	3,7
Г266-В	14	30-40	5	9	3,7
Г273	28	30-40	-	12	3,7
Г273-А, -В	28	30-40	-	12	3,7
Г286-А	14	15-20	-	11	3,7
Г288-Е	28	30-40	14	22	16,7
Г288-А	28	30-40	12	20	16,7
Г288-Н2	28	15-20	16	22	16,7
161.3701	14	25-30	7	10	2,5
17.3701	12,5	15-20	6	10	3,7
29.3701	12,5	25-30	6	10	3,7
32.3701	12,5	30-40	5	9	3,7
37.3701	13	30-40	-	11	2,6
58.3701	12,5	25-30	5,5	9	3,7

Как известно, вырабатываемая генератором ЭДС описывается уравнением

$$E = c_1 \Phi = c_1 n I_e = c_2 n U_e, \quad (8.2.1)$$

где  $E$  – ЭДС генератора, В;  
 $c_1, c_2$  – постоянные коэффициенты для каждого типа генератора;  
 $\Phi$  – магнитный поток, Вб;  
 $I_e$  – ток возбуждения, А;  
 $U_e$  – напряжение на обмотке возбуждения, В;  
 $n$  – частота вращения ротора (якоря) генератора, об/мин.

Из этого уравнения следует, что проверить исправность генератора на холостом ходу можно двумя способами: изменяя частоту вращения ротора (якоря) генератора при постоянном токе возбуждения или изменяя напряжение (ток) возбуждения при неизменной частоте вращения. Последний способ и реализован в данном стенде.

Таким образом, при проверке генераторов, в режиме холостого хода при номинальном выходном напряжении, напряжение, подаваемое на обмотку возбуждения, определяется по формуле

$$U_B = U_H \frac{n_0}{n_D}, \quad (8.2.2)$$

где  $U_B$  – напряжение на обмотке возбуждения, В;  
 $U_H$  – номинальное выходное напряжение, В;  
 $n_0$  – начальная частота вращения ротора генератора (справочное значение), об/мин;  
 $n_D$  – фактическая частота вращения ротора генератора при проверке на стенде, об/мин.

Для генераторов с питанием обмотки возбуждения от отдельного выпрямителя или от нулевой точки вышеприведенная формула будет изменена так:

$$U_B = 0,5 U_H \frac{n_0}{n_D}. \quad (8.2.3)$$

Это можно объяснить тем, что и практически в схеме автостопа напряжение на обмотке возбуждения в этих схемах в два раза меньше номинального выходного напряжения генератора.

При проверке генераторов переменного тока под нагрузкой при номинальном выходном напряжении расчетный ток нагрузки (максимальный) определяется по формуле

$$I_{P \max} = I_{\max} \left( 1 - e^{-\frac{n_0}{n_D}} \right), \quad (8.2.4)$$

где  $I_{P \max}$  – максимальный расчетный ток нагрузки, А;  
 $I_{\max}$  – максимальный ток нагрузки (для генераторов переменного тока – ток самоограничения при частоте вращения ротора генератора 5000 об/мин), А;  
 $n_D$  – фактическая частота вращения ротора генератора при проверке на стенде, об/мин;  
 $n_0$  – начальная частота вращения ротора генератора (справочное значение), об/мин.

Схемы наиболее распространенных типов проверяемых генераторных установок представлены на рисунках 8.2.4–8.2.11.

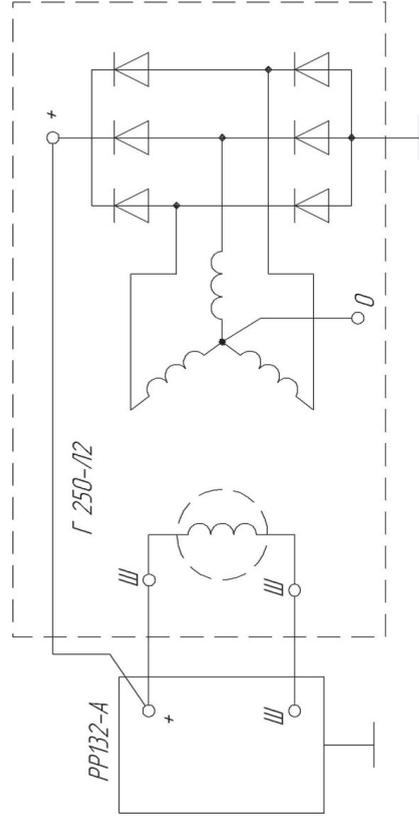


Рисунок 8.2.4 – Схема генератора с обмоткой возбуждения с двумя изолированными выводами

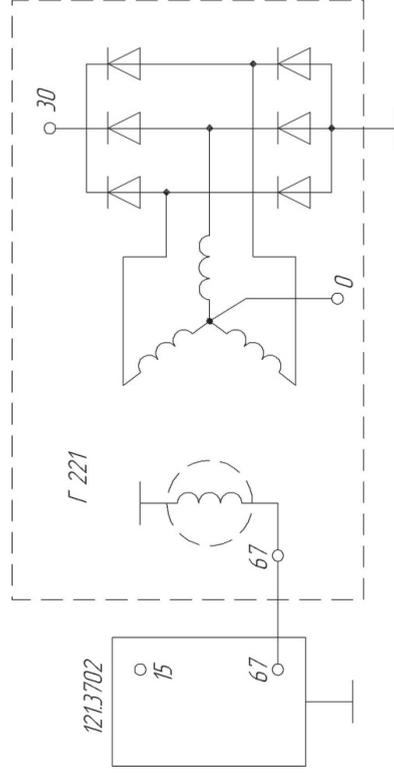


Рисунок 8.2.5 – Схема генератора с обмоткой возбуждения, соединенной одним выводом с корпусом генератора:  
30 – к потребителям; 15 – к «+» борт сети через выключатель зажигания;  
0 – к выводу реле контрольной лампы

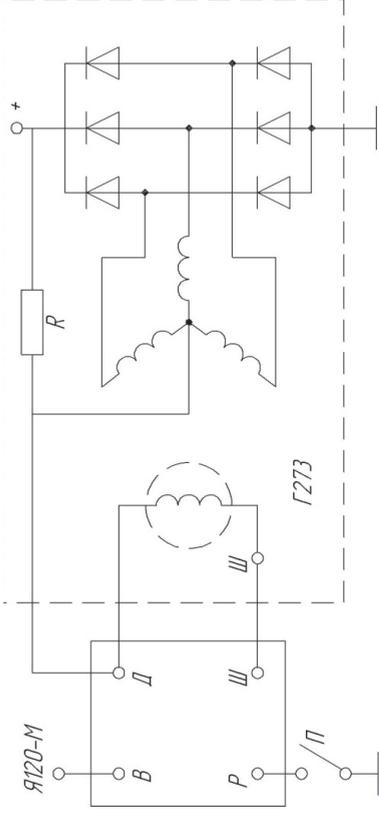


Рисунок – 8.2.6. Схема генератора с питанием обмотки возбуждения от нулевой точки:

Р – сопротивление подпитки; П – переключатель сезонной регулировки;  
В – к выводу «+» аккумуляторной батареи через выключатель зажигания

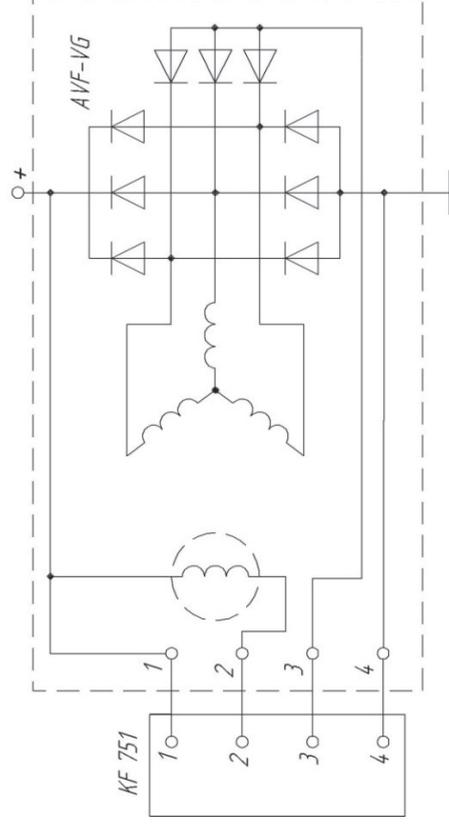


Рисунок 8.2.7 – Схема генератора автобуса «Икарус». Обмотка возбуждения запитана от отдельного выпрямителя с регулированием напряжения относительно «+» генератора

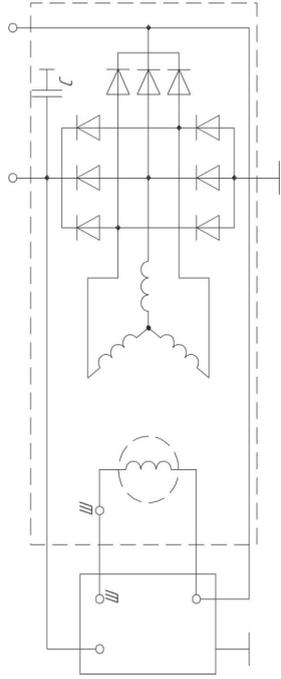


Рисунок 8.2.8 – Схема генератора с питанием обмотки возбуждения от отдельного выпрямителя

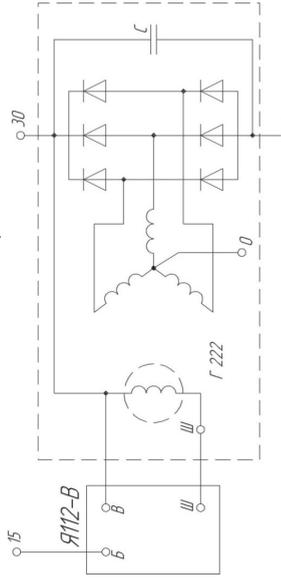


Рисунок – 8.2.9 – Схема генератора с обмоткой возбуждения, соединенной одним выводом с выходом генератора:

15 – к выводу «+» аккумуляторной батареи; 30 – к потребителям;

0 – к выводу реле контрольной лампы

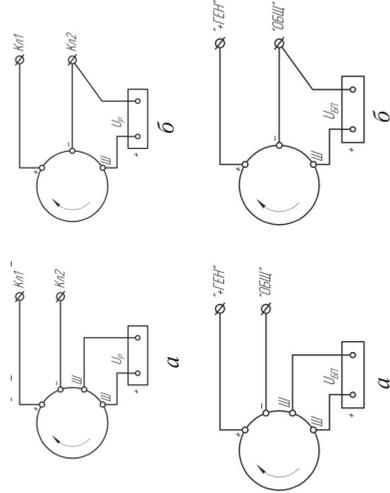


Рисунок 8.2.10 – Схема подключения генераторов переменного тока при проверке в режиме холостого тока и под нагрузкой:

а – с обмоткой возбуждения с двумя изолированными выводами;

б – с обмоткой возбуждения, соединенной одним выводом с корпусом генератора

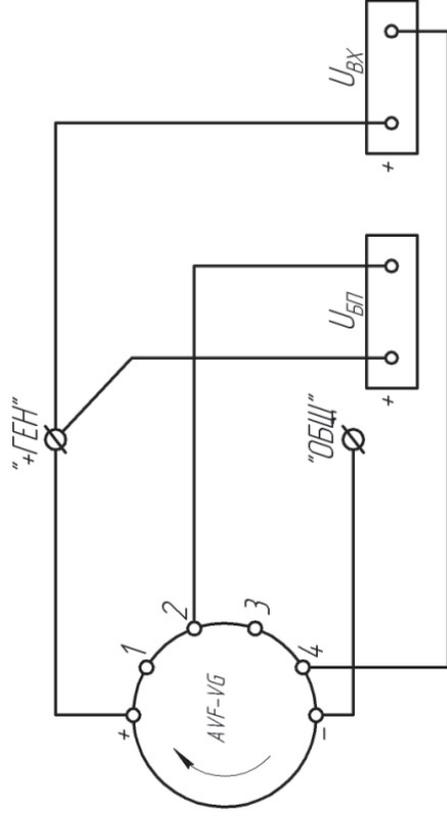


Рисунок 8.2.11 – Схема подключения генератора автобуса «Икарус» при проверке в режиме холостого хода и под нагрузкой

## Порядок выполнения работы

### Проверка генераторов

1. Установите генератор на стенде и соедините ремнем шкив генератора со шкивом электропривода стенда. Натяните ремень. Подключите генератор к стенду, как показано на рисунке 8.2.10 а и б или 8.2.11. Включите электродвигатель. Включить переключатель S4 на предел 0–20 В или 0–200 В, в зависимости от типа генератора (см. рис. 8.1.1). Включить переключатель S3 в положение «Ут». Плавно поворачивая ручку регулятора источника регулируемого напряжения по часовой стрелке, установите номинальное напряжение на выходе генератора. Измерьте напряжение на обмотке возбуждения, установив переключатель S3 в положение «U<sub>вх</sub>», и сравните с табличными данными приложения И.

Нагрузка генератора выбирается переключателем S2 (положение I или II) в зависимости от марки проверяемого генератора.

2. Для проверки исправности выпрямителя, от которого запитывается обмотка возбуждения, замерьте напряжение на выходе выпрямителя, установив переключатель вольтметра S3 в положение «U<sub>вх</sub>».

Остальная проверка аналогична пункту 1.

### Проверка генераторов 9402.3701

Схема генератора 9402.3701 представлена на рисунке 8.2.12.

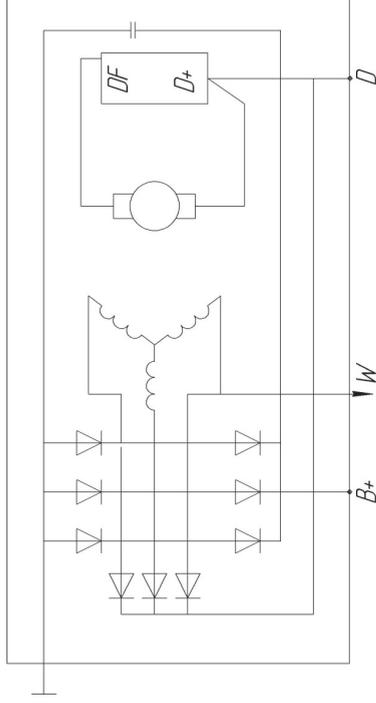


Рисунок 8.2.12 – Схема генератора 9402.3701

Напряжение для возбуждения генератора подводится к выходу  $D$  регулятора. После пуска двигателя обмотка возбуждения питается от трех дополнительных диодов, установленных на выпрямительном блоке генератора.

Проверку генератора производить после его установки на кронштейн ПДА.АО 260.1.110, входящий в комплект поставки стэнда, а также соединения с двигателем через поликлиновой ремень, также входящий в комплект поставки.

Произвести соединение генератора со схемой стэнда согласно рисунку 8.2.13 и после этого включить вращение двигателя. Напряжение на выходе  $B+$  генератора проверяется при частоте вращения его ротора  $5000 \text{ мин}^{-1}$ . Плавно поворачивая ручку регулятора источника регулируемого напряжения по часовой стрелке подать напряжение для возбуждения напряжения на выходе генератора и ручку вернуть в исходное положение. Замерить напряжение вольтметром на выходе генератора. При этом переключатель  $S3$  вольтметра должен быть включен в положение «U». Напряжение должно быть в пределах  $13,2-14,7 \text{ В}$  при токе  $15 \pm 5 \text{ А}$ . Положение переключателя  $S2$  в положении П.

Если напряжение не укладывается в указанные пределы, то замените щеткодержатель с регулятором напряжения новым, заводом исправным, и повторите проверку. Если напряжение будет нормальным, то, следовательно, старый регулятор напряжения

поврежден и его необходимо заменить. А если напряжение по-прежнему не будет укладываться в указанные выше пределы, то необходимо проверить обмотки и вентили генератора.

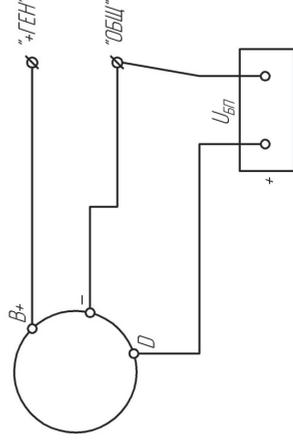


Рисунок 8.2.13 – Схема подключения генератора 9402.3701

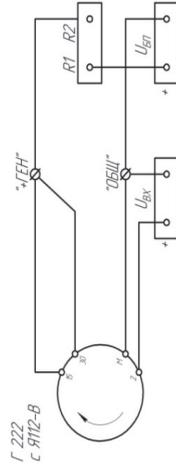
### Проверка реле-регуляторов и регуляторов напряжения

Реле-регуляторы и регуляторы напряжения должны подключаться к стенду для проверки только с заводом исправным генератором. Схемы подключения генераторных установок к стенду приведены на рисунке 8.2.14.

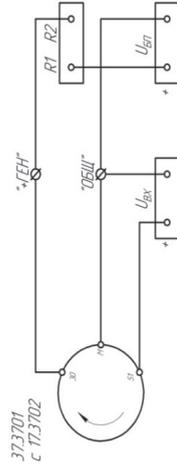
Порядок работы следующий. Установите генератор и реле-генератор на стенде и подключите, как показано на рисунке 8.2.14. Включите стэнд. Ручкой регулятора напряжения источника питания установите небольшой, в пределах  $0,5 \text{ А}$ , ток подпитки. Включите электродвигатель и измерьте уровень регулируемого напряжения. Напряжение, поддерживаемое регулятором, должно находиться в пределах, указанных в таблице 8.2.3. Настройка бесконтактных регуляторов напряжения осуществляется заменой подстроечных резисторов на другой номинал, у контактных регуляторов напряжения – изменением натяжения пружины. Интегральные регуляторы Я112 и Я120 настройке не подлежат. У регулятора Я120 предусмотрена сезонная регулировка для зимнего («З») и летнего («Л») режимов заряда аккумуляторных батарей, позволяющих увеличивать (уменьшать) выходное напряжение в пределах  $1-2 \text{ В}$ . Если регулировочный винт вернуть до упора в корпус (положение «З»), выходное напряжение повышается, при вывертывании (положение «Л») – уменьшается.

Простейшую проверку бесконтактных регуляторов напряжения можно осуществить по схемам (рис. 8.2.15). Порядок проверки сле-

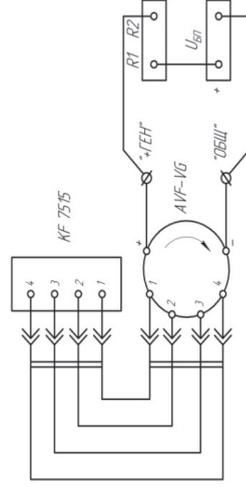
дующий. Подключите проверяемый регулятор как показано на рисунке 8.2.15. Переключатели стенда установите в следующие положения: S3 – «УБП». Включите стенд. Плавно поворачивая ручку регулятора источника регулируемого напряжения по часовой стрелке, следите за показаниями амперметра и вольтметра. При напряжении (12 – 15) В выходной (регулирующей) транзистор должен быть открыт и амперметр должен показывать ток, протекающий по резисторам R1 и R2 (около 2 А). При повышении входного напряжения до 16 В выходной транзистор должен закрыться, и протекание тока через резисторы R1 и R2 прекратиться.



а

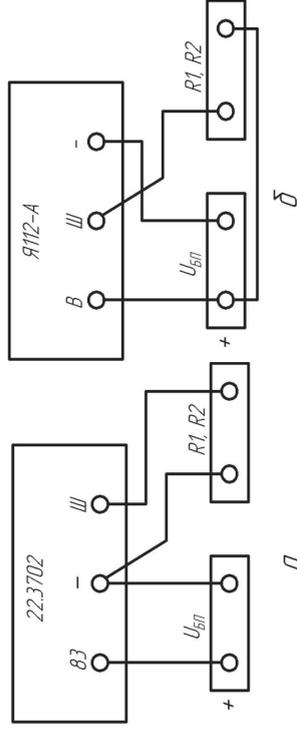


б



в

Рисунок 8.2.14 – Схема подключения генераторных установок при проверке регуляторов напряжений



а

Рисунок 8.2.15 – Схема подключения бесконтактных регуляторов напряжения при проверке на работоспособность

Проверка контактных регуляторов напряжения производится так же, как и проверка коммутационных реле согласно параметрам, приведенным в таблице 8.2.3.

Таблица 8.2.3 – Параметры проверки реле-регуляторов и регуляторов напряжения

Тип регулятора	Ток нагрузки при проверке регулятора, А	Напряжение, поддерживаемое регулятором, В
РР380	10–15	13,8–14,8
РР350	10–15	13,8–14,5
РР362, Б1	10–15	13,2–14,9
Я112-А	–	14,1±0,2
РР133	10–15	28,4±0,8
Я120	10–15	27,5±0,3(Я); 29,5±0,3(З)
РР310В	10–15	13,8–14,8
РР356Б	10–15	28,4±0,8
Я112Б	–	13,6±0,2
РР362-Б1	10–15	13,6–14,2
121.3702	10–15	13,4–14,6
13.3702	15–30	13,4–14,7
17.3702	15–30	13,5–14,6
201.3702	10–15	13,7–14,6
22.3702	10–15	13,9–14,8
221.3702	10–15	13,2–14,2
КФ7515	15–30	28,0±0,5

Схемы и результаты испытаний записать в отчет.

### Контрольные вопросы

1. Опишите технологический процесс ремонта генератора.
2. Какие неисправности бывают у ротора генератора?
3. Какие неисправности бывают у статора генератора?
4. Как производится испытание генератора?
5. Как можно произвести проверку состояния транзистора и реле защиты, реле-регуляторов и настройку реле защиты?
6. Каковы схемы и порядок проверки реле напряжения трансistorного реле-регулятора с генератором переменного тока?
7. Какие неисправности бывают у полупроводниковых приборов?
8. Как и по каким показателям можно проверить исправность диодов и выпрямителя? Перечислите способы и схемы проверки.
9. Как и по каким показателям можно проверить исправность транзистора? Перечислите способы и схемы проверки.

## Ч. 1. БАЛАНСИРОВКА УЗЛОВ И ДЕТАЛЕЙ МАШИН

### Цель работы:

Ознакомиться с конструкцией стенда БМ-У4 для динамической балансировки деталей. Овладеть практическими навыками динамического и статического уравновешивания деталей.

**Оборудование, инструменты, приспособления:** станок для динамической балансировки детали модели БМ-У4; роликное приспособление для статического уравновешивания деталей; весы; штангенрейсмус со штативом.

### Общие положения

В современном машиностроении применяется большое количество вращающихся сборочных единиц и деталей (роторы, валы, турбины, шестерни, звездочки и так далее).

Угловые скорости вращения деталей постоянно растут, поэтому уравновешивание центробежных сил инерции вращающихся масс (балансировка деталей, сборочных единиц) имеет очень большое значение для повышения надежности машин.

При вращении звена к каждой элементарной точечной массе его будет приложена центробежная сила инерции, направленная по радиусу от оси вращения наружу и равная

$$P_i = m_i \cdot r_i \cdot \omega_i^2, \quad (9.1)$$

где  $P_i$  – центробежная сила инерции, Н;

$m_i$  – элементарная точечная масса, кг;

$r_i$  – радиус от оси вращения до центра точечной массы, м;

$\omega_i$  – угловая скорость вращения звена, с<sup>-1</sup>.

Если деталь (сборочная единица) будет идеальным телом вращения и ось вращения детали совпадет точно с геометрической осью тела, то такая деталь будет полностью уравновешенной. То есть для каждой массы, расположенной на определенном радиусе, всегда существует в той же плоскости, но по другую сторону от оси вращения другая равная по величине масса, удаленная от оси

на такое же расстояние. Центробежные силы этих масс взаимно уравновешиваются, поэтому на подшипники не действуют дополнительные центробежные силы.

В действительности получить такую идеальную деталь невозможно, даже если она имеет правильную форму тела вращения. Неуравновешенность может быть следствием неоднородности материала детали; погрешностей механической обработки; погрешностей заготовки, если на детали остаются необработанные поверхности; погрешностей сборки узла из-за допущенных перекосов или смещения сопряженных деталей.

Рассмотрим вал (рис. 9.1.1), вращающийся в подшипниках А и Д с постоянной угловой скоростью. Проведем две произвольно выбранные плоскости I и II, перпендикулярные оси вращения вала (в нашем случае, рисунок 9.1.1, мы приняли плоскости по краям вала), предположим, что в этих плоскостях мы можем проводить уравновешивание вала. Возьмем на валу точку К с неуравновешенной массой  $m$ , положение которой определяется радиусом  $r$ .

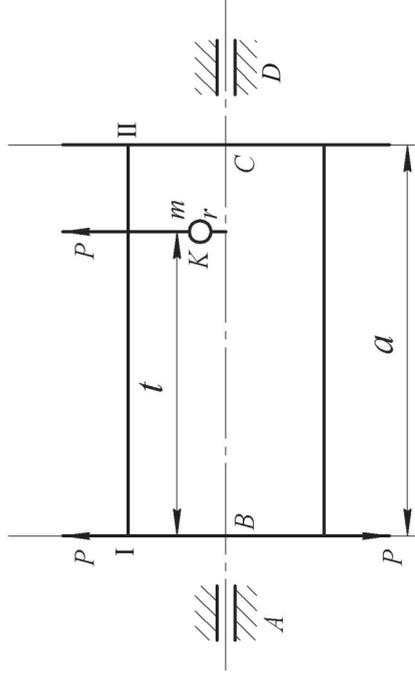


Рисунок 9.1.1 – Неуравновешенный вал

Центробежная сила, развиваемая неуравновешенной массой, определяется по формуле 9.1.

Перенесем силу  $P$  в плоскость I. Для этого в точке В приложим две силы, одна из которых равна  $P$  и ей параллельна, другая равна ей по величине, но противоположна по направлению. В результате получим систему, состоящую из силы  $P$ , приложенной в точке В, и пары сил с моментом

$$M = P \cdot l, \quad (9.2)$$

где  $l$  – расстояние от точки приложения силы  $P$  до оси вала, м.

Сила  $P$  и момент  $M$  вызывают добавочные давления в подшипниках. Эти давления непрерывно изменяют свое направление, так как вектор силы  $P$  и вектор момента  $M$  вращаются вместе с валом. Для того чтобы уничтожить дополнительные давления в опорах и устранить вызываемые ими колебания станин и фундамента, необходимо уравновесить силу  $P$  и момент  $M$ . Этот процесс уравновешивания называется *балансировкой вращающихся масс* (балансировкой вала). Трудность балансировки заключается в том, что положение неуравновешенной массы и ее величина, как правило, неизвестны.

В некоторых случаях уравновешивается только главный вектор сил инерции  $P$ , а величиной главного момента от пары сил инерции пренебрегают. Такая балансировка называется *статической*.

Если необходимо произвести полное уравновешивание вала, то помимо главного вектора сил инерции надо уравновесить также главный момент от пары сил инерции. Момент может быть представлен парой сил, одну из которых можно расположить в плоскости приведения I (в общей плоскости с главным вектором), другую в любой плоскости II. Момент уравновешивающей пары должен быть равен главному моменту от пары сил инерции.

Уравновешивание пары сил можно произвести двумя противявесами (корректирующими грузами), расположенными в I и II плоскостях. Таким образом, полное уравновешивание достигается установкой трех противовесов. Однако два из них находятся в одной плоскости I и могут быть заменены одним противовесом. В итоге задача уравновешивания центробежных сил инерции вращающегося ротора может быть решена постановкой двух противовесов, расположенных в двух произвольно выбранных плоскостях, перпендикулярных оси вращения вала. (Следует заметить, что от выбора плоскостей зависит величина противовесов и их расположение в плоскостях приведения). Такая балансировка называется *динамической*.

Пусть в плоскости I и II массы противовесов будут  $m_1$  и  $m_2$ , положение которых определяется радиус-векторами  $\vec{r}_1$  и  $\vec{r}_2$  (рис. 9.1.2).

В случае полного уравновешивания ротора сумма проекций центробежных сил на любую плоскость, проходящую через ось вращения ротора, должна равняться нулю:

$$\sum m_i \cdot \vec{r}_i \cdot \omega^2 + m_1 \cdot \vec{r}_1 \cdot \omega^2 + m_2 \cdot \vec{r}_2 \cdot \omega^2 = 0, \quad (9.3)$$

или, сократив, получим сумму статических моментов масс

$$\sum m_i \cdot \vec{r}_i + m_1 \cdot \vec{r}_1 + m_2 \cdot \vec{r}_2 = 0. \quad (9.4)$$

Кроме того, момент центробежных сил от неуравновешенных масс и противовесов относительно любой точки на оси вращения ротора должен быть равен нулю, то есть, например, относительно точки *B* (рис. 9.1.3) получим

$$\sum M_B = 0, \quad m_1 \cdot \vec{r}_1 \cdot \omega^2 \cdot l + m_2 \cdot \vec{r}_2 \cdot \omega^2 \cdot a = 0. \quad (9.5)$$

Момент от центробежной силы противовеса, расположенного в точке *B*, равен нулю и поэтому не записывается. Сократив  $\omega^2$ , получим

$$m_1 \cdot \vec{r}_1 \cdot l + m_2 \cdot \vec{r}_2 \cdot a = 0. \quad (9.6)$$

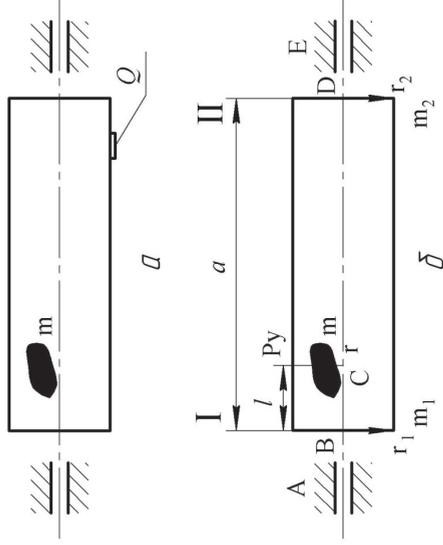


Рис. 9.1.2. Уравновешивание детали:  
а – статическое, б – динамическое

Если положение и величина неуравновешенной массы известны, то, определив статический момент масс второго противовеса  $m_2 r_2$  и задавая радиус  $r_2$ , определяем массу второго противовеса  $m_2$ . Аналогично определяется масса первого противовеса.

Выбор плоскостей коррекции определяется конструкцией детали и удобством удаления (наращивания) металла.

При балансировке коленчатого вала возникают затруднения с удалением дисбаланса в двух плоскостях коррекции. Может оказаться, что условие расположения дисбаланса лежит вне конфигурации шек вала. В этом случае используют четыре или даже шесть корректировочных плоскостей, позволяющих уравновесить имеющийся дисбаланс при любом его расположении (рис. 9.1.3) и в то же время предупредить чрезмерное ослабление шек вала при большом количестве снимаемого металла.

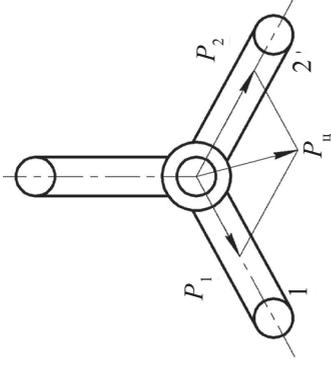


Рисунок 9.1.3 – Места съема металла (1, 2) при балансировке коленчатого вала (одна сторона вала):  
 $P_1$  и  $P_2$  – составляющие центробежной силы  $P_{ш}$ , подлежащие уравновешиванию с одной стороны вала

Для проверки динамической уравновешенности сборочной единицы применяются специальные балансировочные станки, устройство которых основано на использовании следующих явлений. При вращении динамически неуравновешенной детали возникают нагрузки на ее опоры. Если эти опоры сделать подвижными в плоскости, перпендикулярной к оси вращения балансируемой сборочной единицы, то они начнут вибрировать при вращении сборочной единицы. По амплитуде колебания опор представляется возможным судить о величине дисбаланса сборочной единицы.

При балансировке дисбаланс устраняется посредством удаления определенного количества материала или (реже) путем установки корректирующих грузов (противовесов).

Балансировка является заключительной операцией технологического процесса изготовления и ремонта. После балансировки

допускается как исключение только полирование или суперфиниширование отдельных поверхностей деталей.

При малой длине детали (сборочной единицы), когда можно с некоторым приближением считать, что вся масса детали (узла) расположена в одной плоскости, перпендикулярной его оси вращения, можно ограничиться проведением только статической балансировки. Статическая балансировка может оказаться достаточной, если деталь (сборочная единица) работает при малых частотах вращения.

Статическую балансировку деталей выполняют на призмах, вращающихся опорах, центрогтяжестных весах и так далее (рис. 9.1.4, 9.1.5).

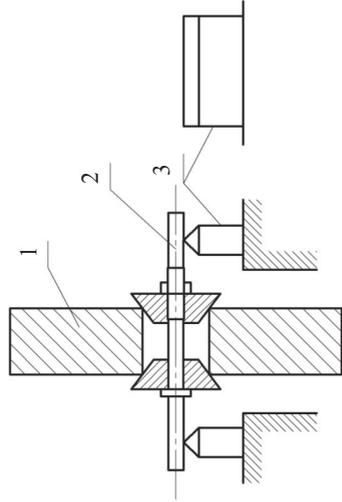


Рисунок 9.1.4 – Схема балансировки колеса на призмах:  
1 – балансируемое колесо; 2 – цапфа оправки; 3 – призма

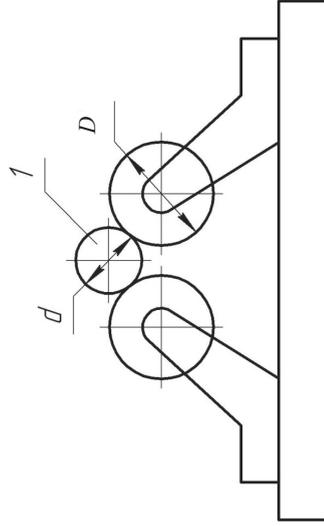


Рисунок 9.1.5 – Схема балансировки на вращающихся опорах:  
1 – цапфа балансируемой детали

Точность балансировки на вращающихся опорах тем больше, чем меньше сопротивление в опорах и меньше величина отношения диаметра цапфы детали к диаметру вращающейся опоры.

Пусть у детали массой  $Q_p$  (рис. 9.1.6) центр тяжести  $S$  смещен относительно оси вращения  $O$  на величину  $d$ . Задача уравновешивания заключается в том, чтобы подобрать такой противовес  $Q_n$ , расположенный на одной диаметральной прямой с центром  $S$ , но по другую сторону от оси вращения, чтобы удовлетворилось равенство

$$Q_n \cdot R_n = Q_p \cdot d, \quad (9.7)$$

где  $R_n$  – радиус расположения противовеса, м.

Поскольку при балансировке величина  $R_n$  обычно определяется конструкцией детали, то нужно определить положение диаметральной прямой, проходящей через центр тяжести  $S$  и величину противовеса  $Q_n$ .

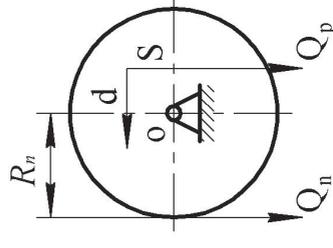


Рис. 9.1.6. Деталь со смещенным центром тяжести

#### Назначение и принцип действия машины БМ-У4

Машина предназначена для динамической балансировки деталей массой от 5 до 200 кг. Неуравновешенность детали вызывает механические колебания стоек опор. С помощью датчиков эти механические колебания преобразуются в электрические. Напряжения датчиков, прямо пропорциональные неуравновешенности, усиливаются в измерительном устройстве, и величина их считывается на приборе.

При колебании опор 1 и 2 (рис. 9.1.7) в обмотках датчиков 3 и 4, движущихся в магнитных полях постоянных магнитов 5 и 6, воз-

буждается электродвижущая сила, пропорциональная амплитуде колебаний. Реостатом *A* можно изменить выходное напряжение обмотки 3 и приравнять его к выходному напряжению обмотки 4 при дисбалансе  $Q_1$ , расположенном в плоскости *I*. Это исключит влияние дисбаланса в плоскости *I* на показания милливольтметра 7. Показания милливольтметра будут зависеть только от дисбаланса  $Q_2$ , расположенного в плоскости *II*.

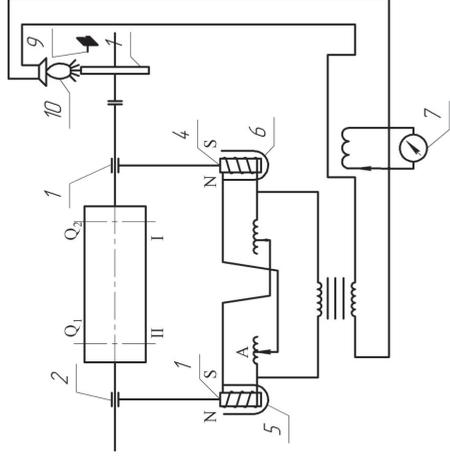


Рисунок 9.1.7 – Схема действия машины для динамической балансировки деталей

Последовательное переключение с одной электрической схемы на другую позволяет определить величину дисбаланса в плоскостях *I* и *II*. Угловое расположение дисбаланса определяется стробоскопическим устройством. При этом безинерционная лампа 10 вспыхивает при максимальном отклонении качающихся опор балансируемого узла, а неподвижный указатель 9 отмечает на вращающемся градуированном диске 8 угловое положение дисбаланса. После определения величины и углового расположения дисбаланса его устраняют местной обработкой утяжеленных участков или закреплением противовесов на облегченных участках.

Плоскости корректировки внутри изделия могут быть выбраны в наиболее удобной ее части, причем корректировка в одной плоскости не влияет на изменение дисбаланса в другой.

Количество металла, которое следует добавить или снять в процессе корректировки, зависит от величины неуравновешенности, которая непосредственно прочитывается на шкале прибора.

Определение углового положения места корректировки производится с помощью стробоскопического осветителя, который управляется напряжением датчика, причем каждый раз, когда направление неуравновешенности оказывается на линии стрелки, лампа вспыхивает. Угловое направление определяется по шкале лимба, укрепленного на шпинделе. При вспышке лампы стробоскопического осветителя цифры на лимбе кажутся неподвижными. Цифра, оказавшаяся против неподвижной стрелки, определяет угловое направление неуравновешенности. Балансировке на машине могут подвергаться детали, центр тяжести которых находится между опорами. Такими деталями могут быть: коленчатый вал, коленчатый вал в сборе с маховиком и сцеплением двигателя, автомобильные колеса, маховики, шкивы, вентиляторы, роторы турбин и т. д.

Привод нереверсивный, поэтому балансировка деталей, создающих при вращении большие вентиляционные потоки, должна производиться в кожухах. Привод детали осуществляется от электродвигателя через ременную передачу на шкив шпинделя. Со шпинделя через упругие муфты и приводной вал вращение передается балансируемой детали.

#### Устройство машины БМ-У4

Станину машины составляют литые чугунные стойки 1 и 2, плита 3, стальные трубы 4, жестко соединенные между собой (рис. 9.1.8). На трубчатых направляющих машины укрепляются две опоры 5 и 6, которые после перемещения в заданное положение закрепляются винтами 7. На стойке 1 жестко укреплена шпиндельная бабка 8, а внутри стойки 1 смонтирован электропривод, управляемый кнопочной станцией 9. В стойке 2 смонтирован щит с электрооборудованием, включение которого осуществляется переключателем 10. На опорах 5 и 6 крепятся кронштейны 1 (рис. 9.1.9), на которых монтируются электромагниты 2, масляные сосы 3 и фильтры 4. Электромагниты служат для автоматического записания и отпирания люлек и приведения в действие маслонасосов.

В корпусах опор 5 на стальных лентах 6 подвешены люльки 7. Внутри корпусов вмонтированы масляные гасители колебаний люлек 14. К корпусам прикреплены бачки 9 для автоматической смазки вкладышей. Количество масла для смазки вкладышей регулируется иглой 10. Сменные вкладыши 11 под шейки балансируемой детали крепятся на полукольцах 12 пластинами 13.

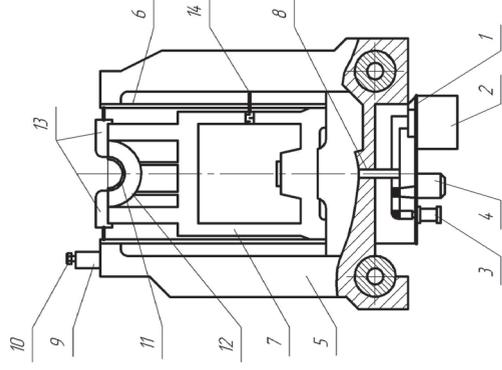


Рисунок 9.1.9 – Расположение основных узлов и деталей опоры:

- 1 – кронштейн; 2 – электромагнит; 3 – насос; 4 – фильтр; 5 – корпус; 6 – лента;  
7 – лопляка; 8 – тяга; 9 – бачок; 10 – игла; 11 – вкладыш; 12 – полукольцо;  
13 – пластина; 14 – гаситель колебаний

Измерительное устройство состоит из датчиков, усилителя, стробоскопического осветителя, микроамперметра. Датчики служат для преобразования, крепятся в корпусах опор. Сигнал от них подводится к потенциометрам, смонтированным на пульте управления.

Усилитель размещен на передней крышке шпиндельной бабки и служит для усиления, формирования и сложения сигналов датчика, а также формирования электрических импульсов для стробоскопического осветителя.

Измерительный прибор, стробоскопический осветитель, органы управления осветительным устройством и некоторые органы настройки смонтированы на пульте управления.

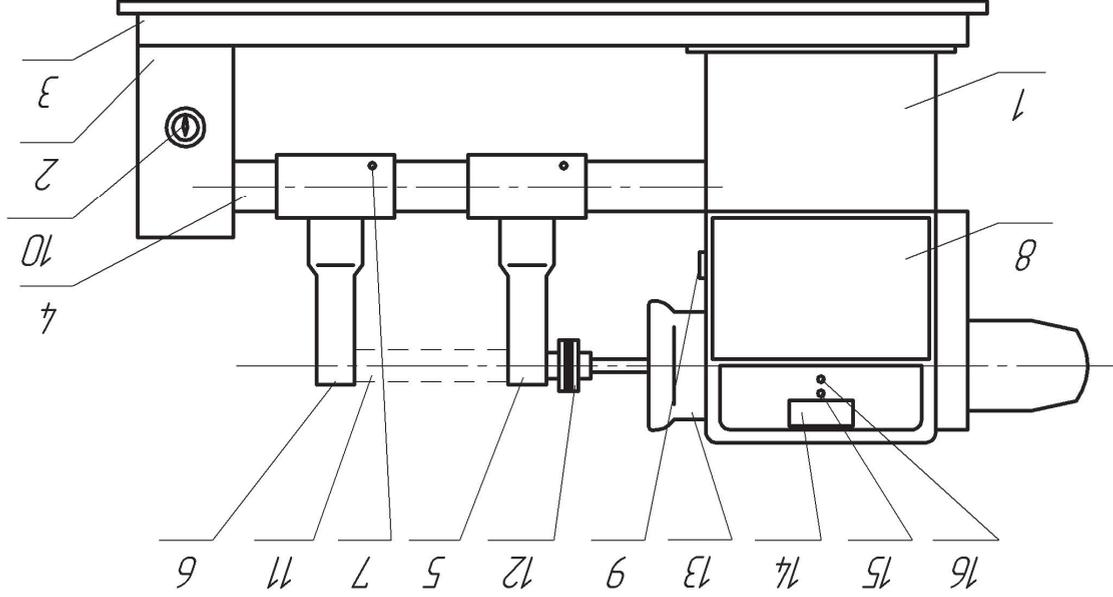
Измерительное устройство и стробоскопический осветитель регулируют при пуске машины в эксплуатацию, в дальнейшем при аккуратном обращении с машиной регулировки сохраняются.

### Порядок выполнения работы

#### Порядок статической балансировки

Установить детали цапфами на вращающиеся опоры. Под действием момента, развиваемого весом детали, она начнет вращаться.

Рисунок 9.1.8 – Расположение основных узлов и деталей машины БМ-У4:  
1, 2 – стойки; 3 – плита; 4 – направляющие; 5, 6 – опоры; 7 – винт; 8 – шпиндельная бабка; 9 – пускатель; 10 – включатель;  
11 – балансируемый вал; 12 – муфта; 13 – маховик; 14 – измерительный прибор; 15, 16 – переключатели



ся до тех пор, пока ее центр тяжести  $S$  не займет нижнее положение. Вертикальная диаметрально прямая остановившегося ротора и будет той, на которой необходимо установить противовес. Однако положение противовеса, найденное таким образом, будет приблизительным, так как при вращении детали в опорах возникает момент трения, который противодействует моменту от веса детали. Момент трения равен

$$M_{\text{тр}} = K \cdot Q_p' \quad (9.7)$$

где  $K$  – коэффициент трения.

Поэтому если центр тяжести  $S$  детали находится в любой точке дуги  $S'$  (см. рис. 9.1.6б) (положение точек  $S'$  и  $S''$  определяется коэффициентом трения  $K$ ), момент от веса детали будет меньше момента трения и деталь будет находиться в равновесии.

Для более точного определения величины и плоскости расположения дисбаланса поступают следующим образом (рис. 9.1.10):

- вертикальной чертой отметить «тяжелое место»  $X$  балансируемой детали (рис. 9.1.10а);
- деталь повернуть на  $90^\circ$  так, чтобы проведенная черта располагалась на одной высоте с осью оправки (рис. 9.1.10б);
- к детали на черте прикрепить временный пробный груз  $A$  (мастику) такой величины, чтобы деталь могла повернуться в обратную сторону примерно на угол  $135^\circ$  (рис. 9.1.10в);
- отметить штангенрейсмусом высоту подъема груза  $h$ ;
- деталь перекачать в обратную сторону, чтобы груз  $A$  находился в положении, изображенном на рисунке 9.1.10г;
- детали дать возможность повернуться в обратную сторону и отметить высоту груза  $h_1$  (рис. 9.1.10д);
- путем нескольких проб, перемещая груз  $A$  по окружности, добиться равенства высот  $h$  и  $h_1$ ;
- далее деталь приводят в положение, изображенное на рисунке 9.1.10е;
- груз  $A$  перемещают в диаметрально противоположную точку и располагают на том же радиусе;
- для того чтобы получить качание детали на те же высоты  $h$  и  $h_1$ , добавляют к ней груз  $A_1$  на том радиусе, где удобно осуществить съем металла;
- качание детали производят в обе стороны, чтобы убедиться в равенстве величин  $h$  и  $h_1$  (рис. 9.1.10ж, 9.1.10з);

– груз  $A_1$  снимают и взвешивают. Количество металла, подлежащего удалению, равно половине груза  $A_1$ . Металл снимают со стороны метки  $X$  на радиусе расположения груза  $A$ .

Балансировка на вращающихся опорах выполняется так же, как и балансировка на призмах.

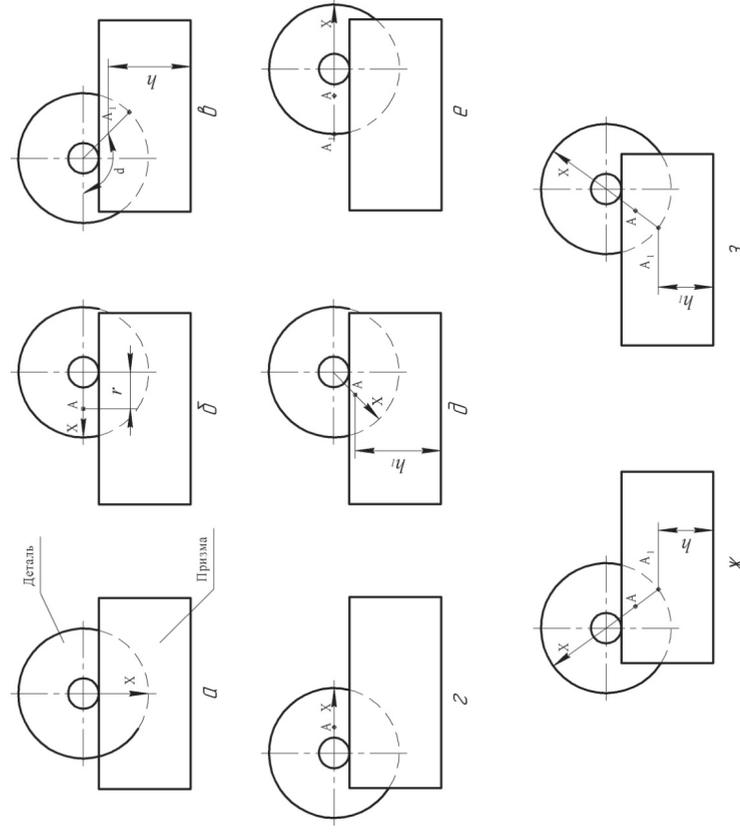


Рисунок 9.1.10 – Последовательные стадии определения дисбаланса на призмах (а–з)

#### Балансировка на машине БМ-У4

- Установить коленчатый вал на опоры машины, предварительно подобрав сменные вкладыши. Соединить муфтой с приводом.
- Вращая маховик, убедиться в отсутствии заедания коленчатого вала о люльки и опоры.
- Включить машину и убедиться в поступлении смазки к подшипникам.

- Установить переключатели на пульте в положение «грубо» и «левая» (если показание прибора менее 300 гсм, переключатель поставить в положение «точно»).
- Записать показание прибора и угол коррекции.
- Аналогично производится измерение для правой стороны. Выключить машину.
- Определить и наметить место снятия металла на колеччатом валу слева и справа для уравнивания по зарегистрированному углу коррекции.
- Снять колеччатый вал со станка.
- Определить необходимое количество снимаемого материала путем сверления. Определить диаметр сверла и глубину сверления.

### Содержание отчета о работе

1. Цель работы и применяемое оборудование.
2. Результаты измерений.
3. Схема динамического и статического уравнивания.

### Контрольные вопросы

1. Зачем нужно проводить балансировку деталей?
2. Какие существуют виды балансировки? В каких случаях достаточно статической балансировки?
3. Какая система сил действует в неуравновешенной детали при вращении?
4. Как определить центробежную силу, развиваемую неуравновешенной массой?
5. Что уравнивается при статической и при динамической балансировке?
6. Как проводится статическая балансировка?
7. Как проводится динамическая балансировка?
8. Каков принцип действия машины для динамической балансировки деталей?
9. Как определить место и количество снимаемого металла для динамического уравнивания детали?
10. Каковы основные узлы балансировочной машины и их назначение?

## Ч. 2. ДИНАМИЧЕСКАЯ БАЛАНСИРОВКА РОТОРОВ ТУРБОКОМПРЕССОРОВ

### Цель работы:

Овладеть практическими навыками динамического уравнивания роторов турбокомпрессоров.

**Оборудование, инструменты, приспособления:** станок для динамической балансировки роторов турбокомпрессоров Неогрон модель СБРТ-1500; персональный компьютер; самоклеящаяся пленка черного цвета; масло веретенное; спирт и растворитель; весы; пластилин.

### Общие положения

При производстве, а также в процессе ремонта турбокомпрессоров требуется обязательная операция – балансировка ротора турбокомпрессора. Балансировка является завершающей операцией и производится после устранения всех дефектов и неисправностей ротора.

Высокая скорость вращения ротора (40000 об/мин и выше) определяет особые требования к проведению операции балансировки. Устранение дисбалансов производится стачиванием указанной массы в соответствующих местах.

Станок «Неотрон СБРТ-1500» предоставляет возможность балансировки роторов с высокой точностью (до 0,01...0,02 грамма). В режиме балансировки в сборе производится вывод массы дисбаланса с дискретностью 0,001 грамма и при наблюдении определенных правил, возможно сведение дисбаланса до 0,0020,004 грамма.

Ротор состоит из вала с колесом турбины и колеса компрессора.

На рисунке 9.2.1 показан внешний вид стэнда «Нейтрон».

Ротор, подготовленный для балансировки, должен соответствовать следующим требованиям:

- изгиб вала не более 0,02–0,03 мм;
- недопустимы повреждения лопаток;
- недопустимо наличие царапин на посадках;

- разница по диаметру посадок не должна превышать значения 0,01 мм;
- шероховатость поверхности A не более 0,3 мкм;
- овальность и конусообразность поверхности вала под подшипник не более 0,005 мм.

Станок выполнен в виде единого модуля и стационарно крепится к стене.

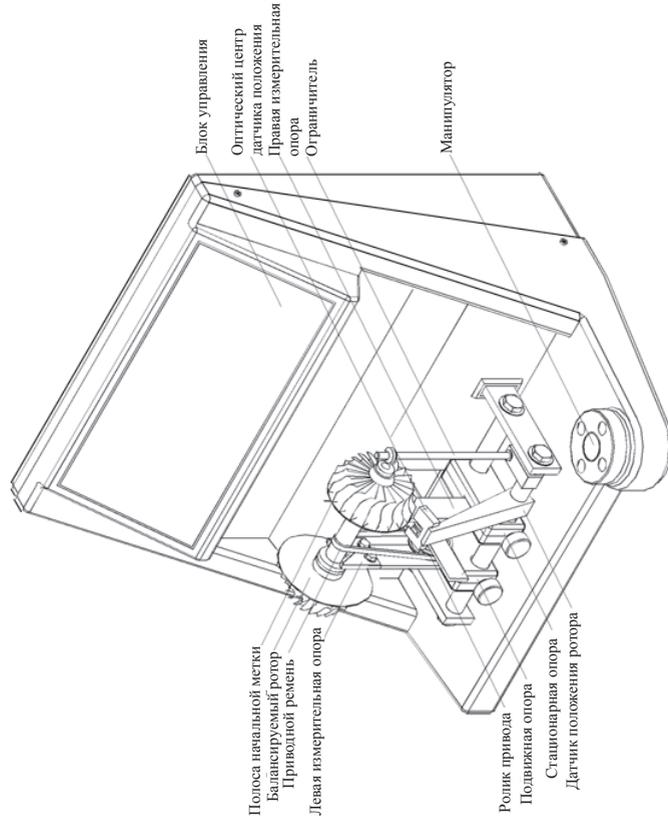


Рисунок 9.2.1 – Внешний вид станка «Неотрон СБРТ-1500» и основные узлы

#### *Управление работой*

Все управление станком осуществляется с помощью манипулятора (рис. 9.2.2), расположенного на крышке станка.

В разных режимах управление манипулятором выполняет различные функции.

Назначение кнопок:

**ВЫБОР** – вход в режим или фиксация изменений;

– или + – изменение значения или параметра, а также выбор текущего режима;

**ОТМЕНА** – возврат в предыдущее меню, отмена без изменений

Переход между режимами работы производится через ГЛАВНОЕ МЕНЮ.

Для смены режима надо нажимать **ОТМЕНА** до выхода в **МЕНЮ** (вывод сообщения «МЕНЮ» в правом углу ЖК-индикатора).

Нажатию кнопки «←» или «→» выберите нужный режим и войдите в него нажатием **ВЫБОР**.

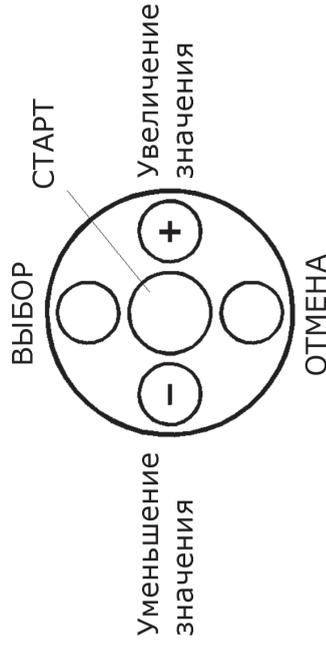


Рисунок 9.2.2 – Манипулятор станка

#### **Порядок выполнения работы**

Последовательность действий при балансировке ротора, имеющего щегося в базе:

1. Подготовить ротор.
2. Приклеить на ротор полосу начальной метки.
3. Переместить левую плоскость под ширину посадок ротора.
4. Надеть приводной ремень.
5. Установить ротор на измерительные опоры.
6. Настроить датчик начальной метки.
7. Выбрать в базе балансируемый тип ротора.
8. Произвести пуск.
9. После остановки выбрать нужный режим балансировки (если для режима не производилась калибровка, то он будет недоступен).

10. Определить места дисбаланса и отметить их мелом.

11. Снять ротор и удалить дисбалансы согласно показаниям массы.

Дополнительные действия при балансировке ротора нового типа:

1. Выбрать неиспользуемый тип ротора в базе.
2. Произвести калибровку ротора (один из трех вариантов калибровки).
3. Ввести новое название типа ротора (режим **НАСТРОЙКИ**)  
Все действия подробно описаны далее.

#### *Подготовка ротора*

Перед установкой на станок вал следует тщательно выгнать и обезжирить спиртом. Для этого надо использовать чистую ветошь без остатков масла. Обратите внимание на шероховатость поверхностей вращения и отсутствие заусениц на боковых поверхностях (это должно проверяться при шлифовке, но при необходимости можно убрать заусеницы надфилем и сгладить поверхность вращения мелкой наждачной бумагой).

Излишняя гладкость поверхности привода может привести к затруднению разгона – пройти среднюю часть (между посадками) более грубой наждачной бумагой.

#### *Установить полосы начальной метки*

Для определения положения ротора на колесо турбины с внутренней стороны требуется всегда приклеивать полосу из самоклеящейся пленки.

Примерный размер 10x1,5–2 мм. Ее приклеивают в произвольном месте на роторе таким образом, чтобы край пленки (примерно 6–7 мм) выступал за край ротора.

Начальная метка шириной менее 1,5 мм может не определяться (производится установка при вращении).

Не следует делать начальную метку излишне большой, так как она имеет вес от 0,01 грамма, а в случае требования получить точность менее 0,01 грамма следует напротив начальной метки приклеить аналогичную по размерам компенсационную метку.

#### *Установка ротора и настройка датчиков*

При необходимости опустите левую опору и переместите ее на ширину посадок ротора (рис. 9.2.3).

Рекомендуется свободное осевое перемещение установленного ротора примерно 1–2 мм.

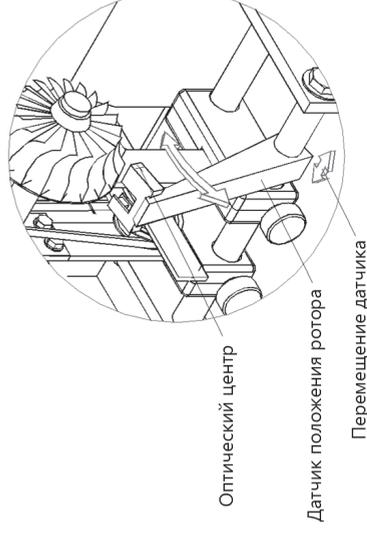


Рисунок 9.2.3 – Установка ротора и настройка датчиков

Ограничитель осевого перемещения ротора во время вращения следует использовать, только если другие методы не дают результата.

Надежно закрепите опору в новом положении.

Правую опору следует перемещать, только если перемещения левой опоры недостаточно.

Наденьте ремень на ротор и установите ротор на опоры. Поднимите ролик привода и наденьте на него ремень. Ремень будет находиться на роторе до окончания балансировки.

После установки ротора на опоры датчик начальной метки следует переместить так, чтобы полоса начальной метки перекрывала датчик во время вращения.

Места вращения следует смазать. Для этого можно использовать маслянку с веретненным маслом.

На каждую из опор на места вращения нанесите по одной капле масла.

Во время балансировки надо следить, чтобы смазка не попала на места привода и ремень.

Название текущей модели и положение дисбалансов отображаются на жидкокристаллическом индикаторе. Отдельно вывод значений дисбаланса производится на светодиодный индикатор.

В базе данных имеются калибровки для основных групп роторов. Если балансируемый ротор находится в базе, то его необходимо выбрать.

Для этого в ГЛАВНОМ МЕНЮ выберите режим «МОДЕЛИ РОТОРОВ» и нажатием ВЫБОР войдите в него. При нажатии кнопки «+» или «←» последовательно выводятся названия марок. Всего в базе 15 моделей. Изначально введены несколько названий моделей, остальные чистые. Любое из названий может быть изменено.

Метка калибровки означает, что для данной модели была проведена калибровка и с ней возможна работа.

#### ВЫВОД МОДЕЛИ НА ЖК-ИНДИКАТОРЕ ИЗ ПЕРЕЧНЯ:

Группы

ТКР-6

ТКР-7

ТКР-8.5 Н

ТКР-6 (БААЗ)

ТКР-7Н1 / (КамаЗ), ТКР-7Н1 (АМЗ), ТКР-7Н2А (БААЗ)

ТКР-8.5Н1, 8.5НЗ

ТКР-8.5 С

ТКР-9 Н2, СЗ

ТКР-8.5С1, ТКР-8.5С6, ТКР-8.5С17, ТКР-8.5С(ЧТЗ)

ТКР-9Н2, ТКР-9СЗ

ТКР-9 12 00-10

ТКР-11 Н

ТКР-9(12-00, -01, -02-03, -04, -05, -06-07-08, -09, -10, -11),

ТКР-11Н1, ТКР-11Н2, ТКР-11НЗ, -11Н6, -11Н7, ТКР-11Н10, ТКР-11С1

ТКР-11 240, 238 ТКР-11 240Н, 238НБ, 238Н, 238П

К-36 3566, 3772 К-36-3566 (СЗ) К-36-3772 (СЗ)

*Примечание.* Модели роторов, объединенные в группы, имеют одинаковые геометрические размеры

*Модель ротора используется впервые*

В режиме «МОДЕЛИ РОТОРОВ» нажатием кнопки «+» или «←» выберите неиспользуемый тип ротора в базе. После этого следует ротор откалибровать.

Для этого нажмите «ВЫБОР» и нажатием кнопки «+» или «←» выберите нужный вариант калибровки и произведите калибровку.

*Калибровка по эталонному грузу*

Калибровка – ответственная операция, и допущенные ошибки отразятся на точности показаний масс дисбаланса до следующей калибровки.

Когда необходима калибровка?

- Если показания масс и мест установки грузов неточны и положение дисбалансов в работе приходится корректировать.
- Если калибровка для данного типа ротора не производилась (нет метки калибровки).

В процессе калибровки измерительная система станка подстраивается под эталонный груз.

Устанавливая калибровочный груз на одну из плоскостей, определяете ее положение и характеристики.

Коэффициенты, полученные после калибровки, используются при каждом последующем запуске.

Предусмотрена возможность проведения индивидуальной калибровки для каждой модели ротора с сохранением результатов неограниченное время.

Имеется три варианта проведения калибровки в зависимости от требуемой точности балансировки:

#### 1. РОТОР В СБОРЕ

Для балансировки ротора в сборе используются две плоскости коррекции *P2* и *P3*.

#### 2. КАЛИБРОВКА КОЛЕСА ТУРБИНЫ

Для балансировки в трех плоскостях. Отдельно динамическая балансировка колеса турбины в 2 плоскостях и динамическая балансировка ротора в сборе в 2 плоскостях.

#### 3. КАЛИБРОВКА КОЛЕСА КОМПРЕССОРА

Для балансировки в четырех плоскостях. Дополнение к предыдущему режиму. Добавляет возможность динамической балансировки колеса компрессора.

Также, как и при балансировке, в процессе калибровки используются 4 плоскости коррекции: *P1, P2, P3, P4*.

Калибровка сопровождается строчкой помощи на ЖК-индикаторе.

#### *Процесс калибровки*

Процесс калибровки состоит из двух запусков и заключается в установке на указанную на индикаторе плоскость калибровочного груза 1 грамм. В качестве калибровочного груза подойдет взвешенный шарик из пластилина массой 1 грамм (примерный диаметр 11 мм). После третьего запуска и сообщения «КАЛИБРОВКА ЗАВЕРШЕНА» производится переход в режим БАЛАНСИРОВКИ и выводятся текущие дисбалансы ротора. Допускается наличие на роторе дисбаланса.

### *Калибровка ротора в сборе*

После калибровки будет возможность балансировать ротор в сборе по двум плоскостям коррекции Р2 и Р3. Наиболее быстрый и простой вариант балансировки. Требуется при балансировке особое тщательное соблюдение сборки ротора по меткам.

#### 1 ЭТАП

Выберите режим калибровки «РОТОР В СБОРЕ» и войдите нажатием ВЫБОР. Показания индикатора «ПЛОСК 2 – 1.00 гр». Напротив начальной метки плоскости Р2 установите калибровочный груз. Нажмите кнопку «СТАРТ».

#### 2 ЭТАП

После остановки высветится сообщение: «ПЛОСК 3 – 1.00 гр». Перевесьте калибровочный груз на плоскость Р3. Соблюдение по углу с начальной меткой обязательно, так как этот запуск определяет последующее положение дисбалансов. Нажмите кнопку «СТАРТ».

#### 3 ЭТАП

После остановки высветится сообщение «ЗАПУСК БЕЗ ГРУЗА». Снимите калибровочный груз и нажмите кнопку «СТАРТ».

### *Калибровка колеса турбины*

Калибровка для динамической балансировки в 3 плоскостях. После калибровки будет возможность балансировать колесо турбины по плоскостям Р3 и Р4 и ротор в сборе по двум плоскостям коррекции Р2 и Р3. Подходит для балансировки большинства моделей роторов.

#### 1 ЭТАП

Выберите режим «КАЛИБРОВКА КОЛЕСА ТУРБИНЫ» и войдите нажатием ВЫБОР. Показания индикатора «ПЛОСК 3 – 1.00 гр». Рядом с начальной меткой по плоскости Р3 установите калибровочный груз. Нажмите кнопку «СТАРТ».

#### 2 ЭТАП

После остановки высветится сообщение: «ПЛОСК 4 – 1.00 гр». Перевесьте калибровочный груз на плоскость Р3 точно напротив начальной метки. Соблюдение по углу с начальной меткой обязательно, так как этот запуск определяет последующее положение дисбалансов. Нажмите кнопку «СТАРТ».

#### 3 ЭТАП

После остановки высветится сообщение: «ЗАПУСК БЕЗ ГРУЗА». Снимите калибровочный груз и нажмите кнопку «СТАРТ».

### *Калибровка колеса компрессора*

Калибровка для балансировки в 4 плоскостях. Режим дополняет калибровку колеса турбины и производится только после калибровки колеса турбины в случае необходимости динамической балансировки колеса компрессора.

#### 1 ЭТАП

Выберите режим калибровки «КАЛИБРОВКА КОЛЕСА КОМПРЕССОРА» и войдите нажатием ВЫБОР. Показания индикатора «ПЛОСК 1 – 1.00 гр». Напротив начальной метки по плоскости Р1 установите калибровочный груз. Нажмите кнопку «СТАРТ».

#### 2 ЭТАП

После остановки высветится сообщение: «ПЛОСК 2 – 1.00 гр». Перевесьте калибровочный груз на плоскость Р2 точно на начальную метку и нажмите кнопку «СТАРТ».

#### 3 ЭТАП

После остановки высветится сообщение: «ЗАПУСК БЕЗ ГРУЗА». Снимите калибровочный груз и нажмите кнопку «СТАРТ». В зависимости от проведенной калибровки далее в режиме балансировки будет возможность использования откалиброванных режимов.

Если при проведении калибровки обнаружено отсутствие сигнала дисбаланса или они нестабильны, то в этом случае будет выведено сообщение «ЮЕАЕА ЕАЕЕА.». Повторная калибровка может дать положительный результат.

Имеется возможность ввести новое название модели. Для этого используется режим

«ГЛАВНОЕ МЕНЮ: НАСТРОЙКИ/ РЕДАКТИРОВАНИЕ НАЗВАНИЙ БАЗЫ».

Выбор модели ротора сопровождается метками калибровки на ЖК-индикаторе, по которым можно понять, какой вариант калибровки проводился:

1. Проведена калибровка для балансировки в сборе.  
Доступные плоскости коррекции Р2–Р3.
2. Проведена калибровка колеса турбины.  
Доступные плоскости коррекции:  
Р3–Р4 (балансировка колеса турбины) и  
Р2–Р3 (балансировка ротора в сборе).
3. Проведена калибровка колеса турбины и колеса компрессора.

Доступны все плоскости коррекции:

- P1–P2 (балансировка колеса компрессора),
- P3–P4 (балансировка колеса турбины) и
- P2–P3 (балансировка ротора в сборе).

#### *Балансировка*

Запуск на балансировку осуществляется нажатием кнопки «СТАРТ» манипулятора.

Включится двигатель, и начнется разгон.

Вращение ротора стабилизируется на скорости 1500 об/мин. Во время вращения на ЖК-дисплей выводится текущая скорость вращения. При стабилизации вращения прозвучит звуковой сигнал и произведется чтение сигналов с датчиков.

Время разгона зависит от стабильности вращения, так как, пока не будут получены обороты достаточной стабильности, чтение не начнется. В случае если на ремень попала смазка, то эффективного разгона не получается и скорость может не достигать номинальной или разгоняться дольше обычного. В этом случае следует нажать «Отмена», место привода и ремень обезжирить, просушить и повторить запуск. Может понадобиться увеличить шероховатость места привода наждачной бумагой.

Если вращение ротора прекращается, то полоска начальной метки узкая или недостаточно выступает.

После останова на индикаторах выводятся значения дисбалансов по плоскостям коррекции.

Преимущество данной модели станка – одновременный вывод составляющих дисбаланса для различных узлов ротора.

Каждый из узлов ротора (колесо турбины, колесо компрессора) имеет динамическую неуравновешенность.

Оператор в зависимости величины динамической составляющей имеет возможность выбирать плоскости коррекции для проведения балансировки:

- балансировка ротора в сборе (плоскости коррекции P2–P3);
- балансировка колеса турбины (нажатие +);
- балансировка колеса компрессора (нажатие –).

Выбор плоскостей коррекции производится нажатием + или – с отображением рабочих плоскостей на светодиодном табло.

#### 1 ЭТАП

Балансировка колеса турбины.

#### 2 ЭТАП

Балансировка колеса компрессора.

#### 3 ЭТАП

Балансировка в сборе.

На индикаторном дисплее выводятся показания дисбаланса по левой и по правой плоскостям. Масса выводится в согтых долях грамма в пересчете на соответствующий диаметр ротора.

#### *Определение места устранения дисбаланса*

Далее следует определить место устранения дисбаланса по каждой плоскости.

Поворотом ротора переведите начальную метку в верхнее положение. На ЖК-индикаторе выводятся значения углов мест устранения дисбаланса. В зависимости от установки в режиме настроек положение дисбаланса может выводиться или в углах (0–360°) или в часовой шкале (1–12 часов). Изменение режима вывода положения в меню НАСТРОЙКИ.

#### *Пример:*

Режим: Балансировка колеса турбины

Положение дисбаланса по левой плоскости 9–10 часов, или 285°.

Положение дисбаланса по правой плоскости 1 час, или 30°.

После нахождения мест отметьте их мелом.

Снимите ротор и сточите указанную на дисплее массу по каждой из плоскостей. Для определения положения дисбалансов верните начальную метку в верхнее положение (12 часов)

#### *Балансировка ротора в сборе*

#### 1 ЭТАП

Балансировка колеса турбины (плоскости коррекции P3–P4).

#### 2 ЭТАП

Балансировка колеса компрессора (плоскости коррекции P1–P2).

#### 3 ЭТАП

Балансировка ротора в сборе (плоскости коррекции P2–P3).

Во всех случаях итогом балансировки должно быть минимальное значение дисбаланса в режиме балансировки в сборе (левая плоскость – колесо компрессора, правая плоскость – колесо турбины).

В каждом из дополнительных режимов следует делать оценку дисбаланса, переходя в режим «NORMAL». Если будут выводиться значения -0- -0-, то можно переходить к следующему этапу.

### 1. *Балансировка колеса турбины*

Ротор без колеса компрессора.

После остановки выберите режим работы с плоскостями P3, P4, нажав «+». Определите и отметьте мелом места сведения дисбаланса (описано выше), снимите ротор и сточите массы в указанных местах. Сделайте повторный запуск. При нормальной работе и наблюдении описанных ранее правил вы должны увидеть значительное снижение дисбалансов. В зависимости от опыта оператора и состояния ротора для сведения дисбаланса может потребоваться сделать 3–5 запусков.

В режиме P3, P4 может остаться динамический дисбаланс (небольшие массы, расположенные одна напротив другой и компенсирующие друг друга). После получения в режиме балансировки в сборе -0- -0- переходите к следующему этапу.

### 2. *Балансировка колеса компрессора*

Если не проведена калибровка колеса компрессора, то режим недоступен – следует переходить к балансировке в сборе.

Установите колесо компрессора и зажмите его гайкой. На наружной поверхности колеса компрессора против риски на торце вала ротора нанести надфилем риску. Далее сборку ротора производить строго с соблюдением совпадения нанесенных рисок (даже если вы динамически сбалансировали каждый узел).

Сделайте запуск. После остановки перейдите в режим балансировки колеса компрессора P1, P2.

Возвращаться в режим P3, P4 теперь не следует, там будут большие значения динамического дисбаланса, которые будут уменьшаться по мере устранения дисбаланса в режиме P1-P2.

Произведите балансировку колеса компрессора аналогично 1-му этапу. При уменьшении дисбаланса надо делать оценку результирующего дисбаланса. Если в режиме «NORMAL» по правой плоскости дисбаланс не более 0,1 грамма, то его можно устранить в сборе и следует переходить к следующему этапу.

### 3. *Балансировка ротора в сборе*

Установите ротор в сборе. Балансировку в этом режиме всегда следует производить до достижения наилучшего результата.

Плоскости коррекции P2–P3. Далее возвращаться для балансировки в предыдущие режимы не следует. Если же это надо сделать, то надо снова начинать с 1-го этапа.

Вывод на индикацию значения -0- -0- означает, что ротор сбалансирован.

### Режим «Точно»

Вывод дисбаланса менее определенного предела игнорируется и выводится как -0-.

Значение предела «-0» устанавливается в режиме «НАСТРОЙКИ/ПРЕДЕЛ -0».

Нажатием ВЫБОР в режиме БАЛАНСИРОВКИ можно увидеть скрытые значения. При этом дисбалансы будут выводиться в миллиграммах (0,001 грамма).

Например: вывод массы дисбаланса 0,003 грамм на индикаторе выглядит как «3.» (3 с точкой справа).

При запуске автоматически устанавливается – режим «Точно» отключен.

Если после вывода показаний дисбаланса требуется изменить тип ротора, необходимо проделать следующее:

1) Нажмите ОТМЕНА для выхода в режим ввода параметров.

2) Измените тип ротора или любой из параметров.

Показания масс будут синхронно изменяться – таким образом производится автоматическая корректировка веса без повторного запуска.

### *Начало работы:*

Для обучения работе на станке можно отбалансировать ротор, не стачивая дисбалансы, а добавляя пластилин.

Для этого при определении мест дисбаланса надо повернуть начальную метку в нижнее положение и балансировать, добавляя пластилин в указанных местах.

### *Рекомендации по стачиванию дисбалансов:*

Всегда в процессе балансировки определенную трудность вызывает оценка массы, которую требуется стачивать.

По плоскостям P2, P3 стачивание производится с поверхностей, а по плоскостям P1, P4 с лопастей. При этом колесо компрессора всегда изготавливается из легких сплавов. Все это затрудняет оценку стачиваемой массы. Поэтому во избежание стачивания лишнего дисбаланса всегда лучше стачивать 70–80 % от указанной массы и производить балансировку за несколько запусков. При следующем запуске должно быть видно значительное уменьшение дисбалансов. Обычно сведение производится за 2–5 запусков до 0,01–0,02 грамма (зависит от начального значения). Дисбалансы менее 0,03 грамма можно стачивать без снятия ротора (ручной шлифо-

вальной машинкой). Большие дисбалансы лучше стачивать снимая ротор, так как металлическая пыль попадает на вращающиеся поверхности, что может вносить погрешность.

Стачивание значительных масс в одном месте нежелательно, так как стенки ротора могут стать слишком тонкими (менее 1,5 мм), лучше захватывать область 40–50°.

Если смещение угла при повторном запуске значительно или заметен переход дисбаланса на соседнюю плоскость – надо, не снижая ротор, сделать калибровку.

*Причина нестабильности показаний дисбалансов* (в основном проявляется как невозможность сведения дисбаланса ниже 0,01–0,02 грамма):

- нестабильное вращение;
  - посадки ротора имеют царапины, овальность;
  - биение торцевых поверхностей с трением об одну из опор.
- Дисбаланс сводится медленно:
- нестабильное вращение (поиск рабочей скорости);
  - требуется провести калибровку.

Ротор при вращении съезжает с посадок:

- конусность посадок (недопустима для установки на турбокомпрессор);
- шпифовка посадок с быстрой подачей образовала винтовую поверхность, что приводит к сдвигу (сгладить наждачной бумагой);
- станок не выставлен по уровню (имеется наклон).

*Причины дребезга при вращении ротора:*

- большой дисбаланс свидетельствует о деформации ротора и непригодности для работы даже при сведенном дисбалансе.

*Методы устранения:*

Причины нестабильного вращения следующие:

- смазка попала на приводной ремень;
- опоры без смазки;
- излишняя шероховатость посадок (сгладить наждачной бумагой);
- излишняя гладкость места привода (наждачной бумагой увеличить шероховатость).

Требования к посадкам ротора должны учитываться при шлифовке и восстановлении ротора.

Полоса начальной метки имеет вес примерно 0,01 грамма. При необходимости ее можно скомпенсировать повесив аналогичную по размеру полосу напротив.

При очень больших дисбалансах возможна ситуация переполнения шкалы. В этом случае значение дисбаланса выводится как 9,99. Но даже в этом случае выводится показание места дисбаланса. Это позволяет производить балансировку, но такие значения говорят об очень плохом состоянии ротора и нецелесообразности его установки.

Балансировка колеса компрессора требует выполнения особых правил:

- наибольшую массу имеет колесо турбины и как следствие наибольший возможный дисбаланс, поэтому недопустимо устранять остаточный дисбаланс колеса турбины на колесе компрессора. То есть следует продолжать балансировку колеса турбины P3, P4 до тех пор, пока по плоскостям P1, P2 не будет дисбаланс менее 0,05 грамма;
- колесо компрессора практически всегда изготавливается из легких сплавов, поэтому в процессе балансировки колеса компрессора следует одновременно проверять дисбаланс ротора в сборе. Если он менее 0,1 грамма по плоскости P3, то следует переходить к балансировке в сборе, что сохранит колесо компрессора;
- при динамической балансировке колеса турбины может возникнуть следующая ситуация: большие дисбалансы (несколько грамм), расположенные один напротив другого (динамический дисбаланс).

Устраняются дисбалансы, находящиеся вне плоскостей коррекции (неправильно выбран режим балансировки). В этом случае потребуются значительно стачивать лопасти, что крайне нежелательно. Возможно, в этом случае лучше произвести балансировку сразу в режиме «NORMAL» с точным наблюдением нанесенных рисок.

В случае, если значение массы по одной из плоскостей менее установленного значения вывода, то значение массы игнорируется и выводится как -0-.

Минимальное значение выводимой массы можно изменить и установить в соответствии с желаемой точностью балансировки.

Изменить значение можно в интервале от 0,002 до 0,030 грамма.

1. Цель работы и применяемое оборудование.
2. Результаты измерений.
3. Схема динамического уравновешивания.

### **Контрольные вопросы**

1. Зачем нужно проводить балансировку роторов турбокомпрессоров?
2. Какие виды балансировки бывают? Когда достаточно статической балансировки?
3. Какая система сил действует в неуравновешенном роторе при вращении?
4. Как определить центробежную силу, развиваемую неуравновешенной массой?
5. Что уравновешивается при статической и при динамической балансировках?
6. Как проводится статическая балансировка?
7. Как проводится динамическая балансировка?
8. Каков принцип действия станка «Неотрон СБРТ-1500»?
9. Как определить место и количество снимаемого металла для динамического уравновешивания детали?
10. Каковы основные узлы балансировочного станка и их назначение?

### **Ч. 1. СБОРКА ДВИГАТЕЛЯ, ОБКАТКА И ИСПЫТАНИЕ**

#### **Цель работы:**

1. Освоение методики и получение практических навыков сборки двигателя.
2. Исследование влияния момента и порядка затяжки гаек крепления головки блока на искажение геометрической формы рабочей поверхности гильз.

**Оборудование, инструменты, приспособления:** стенд для сборки и сборки двигателя ОПР-989; некомплектный двигатель СМД-14 или 17, Д-50, Д-240; винтовой съемник для снятия и установки гильз; оправка для проверки соосности постелей блока под коренные подшипники; динамометрический ключ для контроля усилия затяжки гаек; контрольно-измерительные инструменты: щуп (набор № 2), микрометр МК-0-25; 25-50; 50-75; 75-100; 100-125 мм, штангенциркуль ШЦ-125 мм, индикаторные нутромеры 50-100 мм, 100-150 мм, глубиномер 0-100 мм индикаторный; набор торцовых ключей 19, 22, 24, 27; приспособление для установки поршневых колец на поршени; техническая документация на сборку двигателя СМД-14 и Д-50; стеллаж для деталей; слесарно-механический инструмент (набор).

#### **Общие положения**

Качество ремонта двигателей в значительной степени зависит от правильности комплектования и сборки отдельных его узлов. Даже при условии самого тщательного выполнения технологических процессов ремонта отдельных деталей нельзя гарантировать высокого качества ремонта, если неправильно будут выполнены комплектование деталей, сборка и контроль собранных узлов.

На специализированных ремонтных предприятиях для сборки двигателей на поточной линии применяют конвейеры или стенды эстакады. При этом двигатель крепится на тележке, позволяющей легко его передвигать вдоль эстакады. Двигатель на тележке можно установить с помощью электропривода в любое положение для сборки. В качестве подъемно-транспортных средств применяют кран-балки. Рабочие места оснащают пневмо- или электрогайковер-

тами, схватками для подъема блока цилиндров, коленчатого вала, маховика, головки блока цилиндров и пускового двигателя; приспособлением для установки поршневых колец; приспособлением для снятия крышек коренных подшипников коленчатого вала.

При узловом методе ремонта применяется индивидуальная сборка двигателей на неподвижных стендах типа ОПР-989. Для этого на блок двигателя устанавливаются специальные съемные плиты (по маркам двигателя), затем с помощью грузоподъемных средств поднимают блок и крепят его болтами к плите поворотного вала с сектором. Стенд позволяет поворачивать двигатель в горизонтальной плоскости на  $360^\circ$ , а в вертикальной – на  $180^\circ$ .

Сборку двигателей выполняют обычно в трех положениях: вертикальном – картером вверх, когда укладывают коленчатый вал; горизонтальном – когда устанавливают основные сборочные комплекты и детали, и снова в вертикальном – картером вниз, для окончательной сборки и комплектования. Поточную сборку на конвейере можно проводить в двух положениях – горизонтальном и вертикальном.

При сборке двигателя следует руководствоваться следующими технологическими указаниями.

Соблюдать последовательность сборки, изложенную в технологических картах. Масло-, топливопроводящие каналы (трубки) и отверстия перед сборкой необходимо тщательно очищать, промывать и продувать сжатым воздухом. Узлы и агрегаты перед установкой на двигатель следует проверить и испытывать, чтобы установить соответствие их техническим требованиям на отремонтированный узел (агрегат). Перед установкой детали (узла) на двигатель сопрягаемые поверхности в зависимости от условий работы необходимо смазывать соответствующей смазкой или герметизирующей пастой (герметиком). Невзаимозаменяемые детали отдельных узлов следует сохранять в своих комплектах: крышки шатуновых и коренных подшипников, половины картера пускового двигателя; крышки корпуса масляного насоса, крышки ротора масляного фильтра, приработавшиеся пары шестерен распределения.

Сборку двигателя ведут в таком порядке:

- укладывают коленчатый вал и коренные подшипники;
- устанавливают гильзы цилиндров, шатунно-поршневой комплект, заднюю балку и маховик;
- устанавливают масляный насос и картер, головку цилиндров в сборе, турбокомпрессор и коромысловый механизм;

– устанавливают топливную аппаратуру, фильтры и трубопроводы, всасывающий и выхлопной коллекторы, водяной насос и вентилятор;

– устанавливают редуктор, пусковой двигатель, муфту сцепления, датчики и другие детали ограждения и предохранения вращающихся деталей и органов управления.

В зависимости от конструктивных особенностей двигателя технологическая последовательность установки отдельных узлов и механизмов может быть несколько изменена.

При сборке двигателей следует учитывать, что при затяжке головки блока происходит деформация гильз. Как показали исследования, овальность гильз цилиндров после сборки двигателей, например АМ-41, увеличивается в 3 раза против исходной овальности гильз в свободном состоянии и в 2,5 раза превышает допустимую.

Средняя овальность гильз цилиндров после сборки составляет  $0,084$  мм, максимальная –  $0,14$  мм. Максимальная овальность располагается внизу гильзы, в плоскости, параллельной оси коленчатого вала.

Примерно такая же картина наблюдается у гильз двигателя СМД-14 и его модификаций.

Закономерный характер монтажной деформации гильз цилиндров обусловлен недостающей жесткостью верхней плиты блока картера в зонах перемычек между цилиндрами и каналами для подвода охлаждающей жидкости и неравномерным удельным давлением на опорный борт гильзы. С увеличением монтажной овальности гильз цилиндров возрастает расход масла на угар и износ поршневых колец в период приработки двигателя АМ-41.

Основные узлы двигателя нужно собирать строго в технологической последовательности, соблюдая технические условия, предъявляемые к отдельным сопряжениям. Во время сборки узлов следует пользоваться специальными приспособлениями и инструментом, облегчающим сборочные операции и предотвращающим повреждение деталей.

### Порядок выполнения работы

1. Подобрать комплект гильз одной размерной группы и провести микрометраж гильз, как показано на рисунке 10.1.1. Данные микрометража занести в таблицу 10.1.2.

Таблица 10.1.1 – Выступление гильзы цилиндра над плоскостью блока

Марка двигателя	Выступление гильзы цилиндра относительно плоскости блока (мм)		Марка двигателя	Выступление гильзы цилиндра относительно плоскости блока (мм)	
	нормальное	допустимое		нормальное	допустимое
ЯМЗ-240Б, ЯМЗ-238НБ	0,065–0,165	0,06	Д-240, Д-240Л	0,09–0,15	0,06
ЯМЗ-240Б, ЯМЗ-238НБ	0,065–0,165	0,06	Д-240, Д-240Л	0,09–0,15	0,06
СМД-60, СМД-62, СМД-64	0,065–0,165	0,04	Д-65Н, Д-65М	0,09–0,15	0,06
Д-108	0,070–0,270	0,05	Д-48М, Л	0,09–0,23	0,02
СМД-14, СМД-14А, СМД-14К, 15К, 17К, 18К	0,10–0,21	0,05	А-01М, А-41м	0,015–0,165	0,06

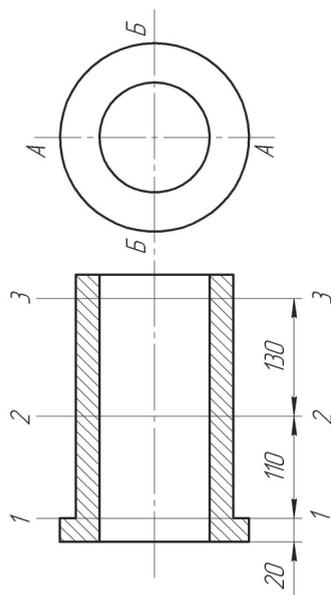


Рисунок 10.1.1 – Схема мест микрометра гильз

- Установить гильзу без резинового кольца в блок так, чтобы плоскость наибольшей разностенности её совпала с плоскостью качания шатуна. Гильзы, вставленные в блок без резиновых уплотнительных колец, должны легко проворачиваться в посадочных поясах.
- Проверить выступание гильзы над плоскостью блока на величину, указанную в таблице 10.1.1. Если величина выступления меньше допустимой, то под буртик гильзы устанавливаются медные прокладки для получения нормальной величины выступления.
- Вынуть гильзы, надеть резиновые кольца и запрессовать гильзы в блок. Измерить гильзу согласно рисунку 10.1.1 и результаты записать в таблицу 10.1.2.
- Установить прокладку и головку цилиндров, затянуть гайки крепления головки цилиндров. Затяжку производить произвольно с усилием 150–200 Нм без точной фиксации момента и в произвольном порядке. Измерить гильзы по схеме и записать результаты в таблицу 10.1.2 отчета.
- Отпустить гайки крепления головки цилиндров и затянуть последовательно с усилием 50, 100, 150, 200 Нм в установленном порядке затяжки по спирали начиная от центра головки. После каждого момента затяжки произвести микрометраж гильз в соответствии с принятой схемой замеров (см. рис. 10.1.1) и занести в таблицу 10.1.2. За один прием можно затягивать гайки не более чем на 1–2 грани.
- Произвести расчет овальности и конусообразности гильз после замеров.

Таблица 10.1.2 – Таблица микрометража гильз

Условия, порядок и момент затяжки гаек, Нм	Направление	1-я гильза			2-я гильза						
		Сечение	Конусообразность		Сечение	Конусообразность					
			1	2		3	1	2	3		
Гильзы в свободном состоянии	А-А Б-Б Овальность, мм										
Гильзы, запрессованные в блок	А-А Б-Б Овальность, мм										

Продолжение

Условия, порядок и момент затяжки гаек, Nm	Направление	1-я гильза			2-я гильза		
		Сечение			Сечение		
		1	2	3	1	2	3
Головка одета, гайки затянуты произвольно с неустановленным моментом	А-А Б-Б Овальность, мм						
Момент затяжки 50 Nm. Порядок затяжки по техническим условиям	А-А Б-Б Овальность, мм						
Момент затяжки 100 Nm. Порядок затяжки по техническим условиям	А-А Б-Б Овальность, мм						
Момент затяжки 150 Nm. Порядок затяжки по техническим условиям и т. д.	А-А Б-Б Овальность, мм						

Частичная сборка двигателя

- Открутить гайки крепления и снять головку цилиндра.
- Уложить коленчатый вал, для чего выполнить следующие операции:
  - установить блок картером вверх с помощью рукоятки поворотного механизма;

- проверить комплектность блока и крышек коренных подшипников по меткам на крышках и блоке;
- снять крышки, протереть посадочные места вкладышей обтирочным материалом и проверить отклонение от соосности постелей с помощью скалки и щупа. Отклонение от соосности постелей не должны превышать 0,05 мм;
- измерить диаметр коренных и шатунных шеек коленчатого вала и подобрать комплект вкладышей согласно таблицам 10.1.3 и 10.1.4.

Таблица 10.1.3 – Диаметры коренных и шатунных шеек коленчатых валов тракторных двигателей

Марка двигателя	Тип шеек	Номинальный размер, мм			Ремонтный размер, мм			
		1Н	2Н	1Р	2Р	3Р	4Р	
ЯМЗ-240Б	Коренные	191,92	–	–	–	–	–	–
	Шатунные	88,00	87,75	87,50	87,25	87,00	86,75	
ЯМЗ-238НБ, А-01М, А-41	Коренные	105,00	104,75	104,5	104,25	104,0	103,75	
	Шатунные	85,00	84,75	84,50	84,25	84,00	83,75	
ЯМЗ-238НБ	Коренные	105,00	104,75	104,50	104,25	104,00	103,78	
	Шатунные	88,00	87,75	87,50	87,25	87,00	86,75	
СМД-60, СМД-62	Коренные	92,25	92,00	91,50	91,25	90,50	90,00	
	Шатунные	85,25	85,00	84,50	84,00	83,50	83,00	
Д-108	Коренные	95,25	95,00	94,50	94,00	93,50	93,00	
	Шатунные	92,25	92,00	91,25	90,50	89,75	89,00	
СМД-14, СМД-14А, СМД-14К, СМД-15К, СМД-17К, СМД-18К	Коренные	88,25	88,00	87,50	87,00	86,50	86,00	
	Шатунные	78,25	78,00	77,75	77,25	76,50	76,00	
Д-240, Д-50	Коренные	75,25	75,00	74,50	74,00	73,50	73,00	
	Шатунные	68,25	68,00	67,50	67,00	66,50	66,00	
Д-65, Д-48	Коренные	85,25	85,00	84,50	84,00	83,50	83,00	
	Шатунные	75,25	75,00	74,25	73,50	72,75	72,00	

Таблица 10.1.4 – Диаметры коренных и шатунных шеек коленчатых валов автомобильных двигателей

Марка двигателя	Тип шеек	Номинальный диаметр, мм	Ремонтные размеры, мм						
			0,25	0,50	0,75	1,00	1,25	1,50	1,75
ЗИЛ-130	Кор.	75,00	74,75	74,50	74,25	74,00	73,75	73,50	73,25
	Шат.	65,50	65,25	65,00	64,75	64,50	64,25	64,00	63,75
ЗМЗ-53А	Кор.	70,00	69,75	69,50	69,25	69,00	68,75	68,50	–
	Шат.	60,00	59,75	59,50	59,25	59,00	58,75	58,50	–

3. Уложить подбранные вкладыши в гнезда коренных подшипников блока цилиндров и крышки подшипников.

При установке вкладышей коренных подшипников обратить внимание на следующее: ширина вкладышей подшипников должна быть равна ширине гнезда в блоке или незначительно, на 1–2 мм, выступать. Имеющиеся отверстия в гнездах блока для подвода масла к коренным шейкам коленчатого вала должны быть открыты и не перекрываться вкладышами подшипников.

Крышки гнезд под вкладыши подшипников не взаимозаменяемы. Они имеют номера, счет которых ведется от картера распределительных шестерен блока. Категорически запрещается шабрить тело вкладышей, подпиливать крышки вкладышами, ставить какие-либо прокладки между вкладышами, постельями и между плоскостями разъема подшипников; переставлять крышки подшипников на другие опоры.

4. Установить крышки с вкладышами по местам в блоке цилиндров так, чтобы пазы в гнездах коренных подшипников блока и выступы на вкладышах крышки располагались с одной стороны коленчатого вала с целью предупреждения проворачивания вкладышей в гнездах. Затянуть болты или гайки шпилек динамометрическим ключом с соответствующим моментом (табл. 10.1.5).

Гайки шпилек и болты коренных подшипников закручивают в последовательности 3–1–5–2–4 (для пятиопорных валов).

а) Измерить внутренний диаметр отверстий коренных и шатунных подшипников в вертикальной плоскости и определить зазор в

сопряжении подшипник (коренной, шатунный) – шейка коленчатого вала по формуле

$$S = D - d, \quad (10.1.1)$$

где  $D$  – действительный внутренний диаметр коренного (шатунного) подшипника, мм;

$d$  – действительный диаметр коренной (шатунной) шейки коленчатого вала, мм.

Таблица 10.1.5 – Момент затяжки болтов (гаек) коренных и шатунных подшипников автотракторных двигателей

Марка двигателя	Момент затяжки (Нм)	
	Коренные подшипники	Шатунные подшипники
ЯМЗ-238НБ, ЯМЗ-240Б	300–320	160–180
А-01, А-41	400–440	160–180
СМД-60, СМД-62	200–220	160–180
СМД-64, Д-108	370–420	140–150
СМД-14, СМД-14К, СМД-15К	200–220	140–150
СМД-16К, СМД-18К, Д-240, Д-50	220–260	150–170
Д-65, Д-48	220–250	160–180
ЗИЛ-130	110–130	70–85
ЗМЗ-53	110–120	68–75

Зазор в сопряжении подшипник – шейка коленчатого вала должен быть в пределах значений, указанных в таблице 10.1.6.

б) Отвернуть болты (гайки) крышек коренных подшипников, снять крышки и нанести на поверхность вкладышей тонкий слой моторного масла.

в) Установить упорные полуколыца в выточки на торце гнезда крышки коренного подшипника блока цилиндров (или упорные шайбы для двигателей ЗИЛ-130, ЗМЗ-53 и других в зависимости от марки двигателя) так, чтобы плоскость с антифрикционным слоем была обращена к шейкам коленчатого вала.

Толщина этих упорных полуколец или упорных шайб регламентирует величину осевого перемещения (разбега) коленчатого вала. Они имеют, как и вкладыши, номинальные и ремонтные размеры.

г) Протереть чистым куском обтирочного материала шейки коленчатого вала и уложить его в гнезда с вкладышами, повернуть

коленчатый вал за фланец крепления маховика на один – два оборота для сплошной смазки поверхности шеек коленчатого вала.

д) Установить крышки коренных подшипников на свои места, надеть стопорные или пружинные шайбы на шпильки или болты и затянуть болты или гайки динамометрическим ключом с моментом, указанным в таблице 10.1.6.

Таблица 10.1.6 – Величина зазора в сопряжении подшипник-шейка коленчатого вала

Марка двигателя	Масляный зазор		
	Коренные подшипники	Шатунные подшипники	Предельный
ЯМЗ-238НБ, ЯМЗ-240Б	–	0,08–0,13	0,50
СМД-60, СМД-62, СМД-64	–	0,9–0,16	0,50
Д-108	0,085–0,141	0,09–0,16	0,55
А-41М	–	0,10–0,16	0,50
СМД-14, 15, 17, 18	0,104–0,160	0,085–0,141	–
Д-240	0,07–0,126	0,07–0,133	0,45
Д-65, Д-48	–	0,07–0,13	0,45
ЗИЛ-130	0,026–0,085	0,026–0,07	0,17–0,19
ЗМЗ-53	0,036–0,061	0,030–0,069	–

Вначале затягивают в 2–3 приема средний подшипник и проворачивают проворачивать коленчатый вал рукой с помощью специальной рукоятки за фланец крепления маховика. Если вал легко проворачивается, то постепенно затягивают и остальные подшипники согласно схеме затяжки, периодически проверяя момент проворачивания, который не должен превышать значений, указанных в таблице 10.1.7.

Если вал туго проворачивается, то крышки снимают, вынимают вал и смазывают коренные шейки тонким слоем краски.

Вновь укладывают вал, проворачивают на 1–2 оборота, снимают крышки и осматривают отпечатки краски на вкладышах. По ним определяют степень прилегамости вала, причину увеличения момента на проворачивание и устраняют её путем шабрения антифрикционного слоя вкладыша.

е) Передвигая вал вдоль оси лопиком в установочном подшипнике, проверяют шупом осевой разбег коленчатого вала между

буртом и торцом вкладыша. Номинальное значение осевого перемещения коленчатого вала указано в таблице 10.1.7.

Таблица 10.1.7 – Осевое перемещение и момент проворачивания коленчатого вала в коренных подшипниках

Марка двигателя	Величина осевого перемещения коленчатого вала, мм	Максимальный момент проворачивания коленчатого вала, Нм
ЯМЗ-240Б	0,04–0,133	200–250
ЯМЗ-238НБ	0,08–0,230	110
СМД-60, СМД-62, СМД-64	0,125–0,345	50
Д-108	0,10–0,50	50
А-01М, А-41	0,095–0,335	50
СМД-14, СМД-15К, 17К, 18К	0,195–0,385	50
Д-240, Д-240Д	0,14–0,37	60
Д-65Н, Д-65М	0,05–0,25	60
Д-48, Д-48Н	0,15–0,31	60
ЗИЛ-130	0,075–0,345	100*
ЗМЗ-53А	0,075–0,245	100*

\* После затяжки коренных и шатунных подшипников.

Если осевое перемещение коленчатого вала не находится в указанных пределах, то необходимо снять коленчатый вал, выбрать полукольца меньшей или большей толщины или шайбы (или длину вкладыша упорного подшипника), установить повторно вал и проверить осевое перемещение коленчатого вала.

5. Установить шатунно-поршневую группу в блок цилиндров. С этой целью выполнить следующие операции.

– Установить блок картер на стенд сборки в горизонтальное положение.

– Смазать гильзы, поршни и вкладыши нижней головки шатуна моторным маслом и расставить замки поршневых колец в поршнях. Замки смежных колец располагают под углом 180° (ЯМЗ-238НБ, СМД-14, ЗИЛ-130) или 120° в остальных двигателях. Между вторым и третьим поршневыми кольцами замки располагаются под углом 90°, при этом замки колец не должны располагаться против отверстий под поршневой палец.

– Установить собранную шатунно-поршневую группу со снятой крышкой головки шатуна в блок со стороны головки цилиндров, пользуясь приспособлением для сжатия поршневых колец. Это может быть короткая гильза (130–180 мм) с конусом 15–20° по внутреннему диаметру. Приспособление устанавливается на верхнюю часть цилиндра так, чтобы большим внутренним диаметром оно располагалось вверх, а внешним опиралось на гильзу, предварительно смазав внутреннюю поверхность приспособления.

При установке комплекта шатунно-поршневой группы (ШПГ) имеющиеся на поршнях двигателей А-01М, СМД-14 камеры сгорания и поддиффузорные выемки должны быть смещены в сторону, противоположную распределительному валу, а у двигателей ЯМЗ – в сторону топливного насоса.

Стрелка на днище поршня двигателей СМД-60 и ЗИЛ-130 должна быть направлена в сторону передней балки двигателя. У двигателя ЗИЛ-130 при установке поршня в гильзу блока левую по ходу ряда выступ на стержне шатуна и лыску на днище поршня совмещают и направляют вместе вперед; для правого ряда гильз блока лыску на поршне поворачивают вперед, а выступ на шатуне – назад.

У двигателя ЗМЗ-53 надпись на поршне «назад» должна быть обращена к маховику двигателя.

Шатуны с поршнями устанавливаются парно, на каждую из четырех шатунных шеек. У поршней с шатунами правого ряда цилиндров номер на шатуне обращен назад по ходу автомобиля, а у левого ряда – вперед.

У двигателя ГАЗ-51А шатунно-поршневую группу с четными и нечетными шатунами располагают П-образным вырезом на поршне в противоположную от распределительного вала сторону.

– Устанавливают крышки шатунных подшипников с вкладышами и затягивают болты гайками с помощью динамометрического ключа. Момент затяжки гаек шатунных болтов указан в таблице 10.1.5. У двигателей ЗМЗ-53 при сборке нижней головки шатуна выступ на крышке и номер на шатуне должен совпадать.

– Проводят шплинтовку гаек (болтов) и проверяют осевой разбег нижней головки шатуна. У тракторных и комбайновых двигателей нормальный осевой разбег равняется 0,2–0,8 мм, а у автомобильных 0,1–0,3 мм; допустимый без ремонта – 1,0 мм.

– Устанавливают поршни в верхнюю мертвую точку (ВМТ) и замеряют величину выступа или утопания поршня относительно плоскости блока, которая должна быть равна значению, указанному в таблице 10.1.8.

Таблица 10.1.8 – Величина выступа или утопания днища поршня

Марка двигателя	Величина выступа (+), утопания (–) днища поршня, мм
СМД-60; СМД-62; СМД-64	+0,05
А-01; А-01М	+0,23
СМД-14; СМД-15К; СМД-17К; СМД-18К	+0,55
Д-240; Д-240Д	+0,30
Д-50; Д-50Л	+0,18–0,45
Д-48; Д-48М	+0,05
Д-65Н; Д-6	+0,30–0,65

6. Установить головку цилиндров. Для этого выполняют следующие операции.

– Укладывают на блок прокладку, смазанную с обеих сторон графитовой пастой, обращая внимание на то, чтобы совпадали отверстия в блоке и прокладке для подвода смазки к механизму коромысел.

– Устанавливают на блок цилиндров головку в сборе и закрепляют гайками (болтами). Последовательность затяжки гаек крепления головки цилиндров для некоторых двигателей показана на рисунке 10.1.2, а значения моментов затяжки для разных марок двигателей соответственно равны: ЯМЗ-238НБ, СМД-60 – 220–240 Нм; А-01М, А-41, СМД-14, 15, 17 и 18 – 200–220 Нм; Д-240, Д-50 – 160–180 Нм, ЗМЗ-53 – 130–180 Нм, ЗИЛ-130 – 110–120 Нм.

4. Привести техническую характеристику на собранный двигатель (табл. 10.1.9).

Таблица 10.1.9 – Основные технические показатели частично собранного двигателя

Вид показателя	Ед. измерения	Значение показателя	Выводы о годности
Внутренний диаметр гильзы	мм		
Диаметр коренных шеек	мм		
Диаметр шатунных шеек	мм		
Выступание гильзы над плоскостью блока	мм		
Внутренние диаметры подшипников: коренные шатунные	мм мм		
Зазор в сопряжении вал – подшипник: коренные шатунные	мм мм		
Момент затяжки подшипников: коренные шатунные	Нм Нм		
Момент проворачивания коленчатого вала	Нм		
Порядок затяжки коренных опор	Нумерация		
Осевое перемещение коленчатого вала	мм		
Угол расположения замков поршневых колец	град		
Осовой разбег нижней головки шатуна	мм		
Величина выступания (+) и утопания (-) поршня	мм		
Момент затяжки гаек крепления цилиндров	мм		

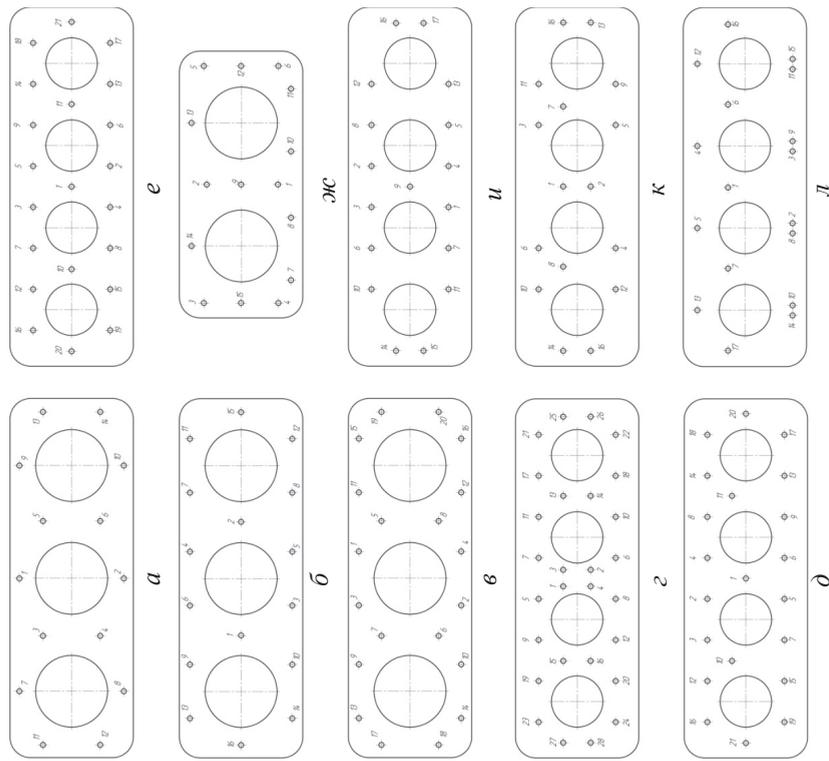


Рисунок 10.1.2 – Последовательность затяжки гаек крепления головок цилиндров двигателей: а – ЯМЗ-240Б; б – СМД-60, СМД-62 и СМД-64; в – А-01М; г – Д-48Л, Д-48М, Д-65М и Д-65Н; е – ЯМЗ-238НБ; ж – Д-108; з – СМД-14 и его модификации; к – Д-240, Д-240П; л – ЗИЛ-130

**Содержание отчета о работе**

1. Цель работы и применяемое оборудование.
2. Таблица 10.1.1 с результатами замеров и построить график изменения овальности и конусообразности гильз в зависимости от величины момента затяжки гаек головки блока.
3. Привести последовательность операций при укладке коленчатого вала в блок и порядок затяжки гаек крепления головки цилиндров.

### Контрольные вопросы

1. Какова последовательность установки узлов и агрегатов на двигатель?
2. Опишите последовательность операций при укладке коленчатого вала в постели блока двигателя.
3. Укажите порядок затяжки коренных подшипников; причины τουтого проворачивания коленчатого вала после затяжки коренных подшипников.
4. Каков порядок проверки и регулировки величины осевого перемещения коленчатого вала?
5. Как проводится контроль качества сборки гильз с блоком?
6. Каким должно быть положение поршней в цилиндрах различных двигателей после установки ШПП?
7. Что нужно проконтролировать перед установкой головки блока?
8. Каков порядок затяжки гаек крепления головки к блоку?

### Ч. 2. ОБКАТКА И ИСПЫТАНИЕ ДВИГАТЕЛЯ

#### Цель работы:

- Изучить оборудование, приспособления и инструмент для обкатки и испытания двигателей.
- Изучить назначение и методы оценки прирабатываемости поверхностей деталей при обкатке двигателей.
- Изучить методы ускоренной обкатки двигателей.
- Изучить методику обкатки и испытания двигателей.
- Приобрести практические навыки по обкатке и испытанию отремонтированных двигателей.

#### Оборудование, инструменты, приспособления:

Электрический обкаточно-тормозной стенд КИ-5542 – ГОСНИТИ; консольно-поворотный кран КПК-0,5; хватка ПИМ-483 для подъема двигателя; стенд ОР 6692 ГОСНИТИ для контрольного осмотра двигателя после обкатки; рычаг для проворачивания коленчатого вала. Набор ПИМ-1514 ключей и инструмента; молоток с медным бойком, слесарное зубило, комбинированные плоскогубцы, отвертка общего назначения; гайковерт ОР-12511 ГОСНИТИ; коловорот; торцевой Г-образный ключ S = 32 мм; динамометрический ключ 70-6199-1302; моментоскоп для проверки угла начала подачи топлива КИ 4941; стетоскоп КИ-1154; секундомер; циферблатные весы ВНЦ; часовой тахометр СК-751; лупа пятикратного увеличения и набор щупов № 6; банки вместимостью 1 и 4 литра; емкости для слива масла.

#### Общие положения

##### Необходимость обкатки двигателей

Обкатка двигателей – это специальная технологическая операция, задача которой состоит в том, чтобы при определенных, специально установленных, минимальных во времени режимах подготовить двигатель к восприятию эксплуатационных нагрузок, устранить мелкие неисправности, удалить продукты износа, интенсивно выделяющиеся во время приработки трущихся пар с целью последующей надежной работы двигателя.

Особенность обкатки состоит в том, что она связывает ремонт и эксплуатацию, являясь завершающей ремонтной операцией и начальной операцией использования двигателя.

В период обкатки происходит приработка деталей, то есть интенсивное разрушение шероховатостей трущихся поверхностей в результате металлических и молекулярных связей и механического зацепления мельчайших частиц поверхностей трения.

В процессе приработки сопряжений происходит трансформация поверхностного слоя: изменяются величина и направленность микропрофиля, уменьшаются макрогеометрические отклонения формы. Увеличиваются зазоры, ослабевают натяги, изменяются микротвердость, структура поверхностного слоя. Приработка сопряжений завершается при стабилизации указанных и других характеристик.

Никакими видами технологической и химико-термической обработки нельзя создать такое состояние поверхностей трения, какое обеспечивается приработкой.

В процессе приработки происходят два одновременных процесса – макро- и микроприработка, причем продолжительность первой значительно больше, чем второй. По мере приработки происходит увеличение площади прилегания и уменьшение скорости износа поверхностей трения.

Основная приработка соединенных поверхностей происходит в первые 2...3 ч и завершается для двигателей через 50...60 ч. Ее выполняют в два этапа: первый – обкаткой в ремонтной мастерской и второй – обкаткой в эксплуатационных условиях, при работе с полной нагрузкой.

В двигателях наибольшие нагрузки приходятся на трущиеся детали цилиндропоршневой группы, шеек и подшипников коленчатого вала. Поэтому трущиеся поверхности этих деталей и нуждаются главным образом в приработке.

#### *Оценка качества приработки деталей при обкатке двигателей*

Качество приработки двигателей на разных стадиях может быть оценено следующими показателями:

- величиной момента прокручивания коленчатого вала двигателя;
- количеством газов, прорвавшихся из цилиндров в картер двигателя;
- величиной угара картерного масла;
- величиной изменения температуры воды и масла в двигателе;
- мощностью двигателя и удельным расходом топлива;

- величиной износа прирабатываемых поверхностей деталей двигателя;
- шероховатостью и величиной площади приработанных поверхностей деталей двигателя.

*Величину момента прокручивания* определяют по измерительному прибору обкаточно-тормозного стенда, на котором обкатывают двигатель. Его величину и изменение по времени можно наблюдать визуально или регистрировать пишущими приборами.

*Величина прорыва газов* в картере может служить оценочным показателем приработанности поршневых колец и зеркала цилиндров на различных режимах. Ее обычно измеряют при помощи газовых счетчиков, присоединяемых к сапуну или горловине для заливки масла.

*Величина угара картерного масла* является одним из важных показателей для определения качества приработки поверхностей поршневых колец и зеркала цилиндров. При этом разницу в массе залитого масла в картер и слитого из картера после работы двигателя в течение 6 часов при нагрузке, близкой к нормальной, считают за угар.

*Величина температуры воды и масла в двигателе* является приближенным показателем приработки трущихся деталей, так как на величину температуры масла и воды может влиять нагревание каких-либо отдельных деталей или сопряжений, например пятого коренного подшипника коленчатого вала.

*Величина эффективной мощности и удельный расход топлива* используют для оценки качества обкатки двигателей в целом, так как они зависят не только от качества приработанности механизмов двигателя, но и от других факторов.

Все перечисленные способы применяют при безразборной оценке качества приработки трущихся деталей двигателей.

Для выявления характера прирабатываемости деталей применяют *методы замера величины износа и шероховатости поверхностей деталей*. Оба эти метода используют при микрометраже деталей до обкатки и по истечении определенного периода. Они связаны с разборочно-сборочными работами.

Лучшим способом измерения износа цилиндров является способ «вырезания лунок». Лунки вырезают в характерных местах износа зеркала цилиндров и по величине уменьшения их глубины судят об износе.

Шероховатость поверхности – это такой показатель, который непосредственно оценивает качество обработки поверхности путем замера высоты микронеровностей.

Кроме выше перечисленных методов в научной литературе описаны также «метод содержания железа в масле», «метод радиоактивных изотопов», «метод облужения» и ряд других. И тем не менее до настоящего времени не существует метода, применяемого при обкатке, с помощью которого можно быстро оценивать обработку на разных стадиях обкатки конкретно каждой детали, не разбирая двигатель.

#### *Интенсификация процессов обработки*

В практике ремонтных предприятий существует пять основных направлений ускорения обработки трущихся деталей двигателей.

- Использование обкаточных (ОМ-2) и обкаточно-консервационных (ОКМ) масел с введением в них серосодержащих присадок и поверхностно-активных веществ.
- Введение специальных присадок АЛП-2, АЛП-3, АЛП-4 и других, содержащих органоминеральные вещества, в дизельное топливо.
- Введение в смазочное масло мелкозернистой абразивной присадки (коалина).
- Введение присадки ДК-8 в дизельное топливо и масло.
- Применение при обкатке электрического тока.

*Использование обкаточных масел* с введением серосодержащих присадок состоит в том, что в дизельное масло ДС-8 для получения лучших обработочных свойств вводят поверхностно-активные вещества (сера, хлор, фосфор), которые растворяются в нем, образуя коллоидный состав, способствующий обрабатываемости деталей.

*Использование присадок АЛП в дизельном топливе* представляет собой 30 % раствор органодиаломооксана в дизельном масле СД-8. Обработка деталей при обкатке двигателей с присадкой АЛП ускоряется за счет абразивного действия продуктов сгорания присадки, то есть при сгорании топлива присадка выпадает в камере сгорания и на стенках гильз цилиндров в виде белого порошка, который с маслом двигателя превращается в притирочную пасту (окислы алюминия).

Присадки АЛП рекомендованы ГОСНИТИ для обкатки отремонтированных дизелей, так как они значительно влияют на ускорение обработки деталей, при этом они незначительно влияют на износ прецизионных пар топливной аппаратуры.

*Способ применения мелкодисперсной порошковой присадки* был разработан АН СССР. Он заключается в использовании мелкодисперсного притирочного порошка, приготовленного обжигом при температуре 700–800 °С. Полученный таким образом коалин добавляется в картерное масло 4–5 грамм на каждый литр масла. Абразивные методы ускорения обработки давно известны, но не нашли в производстве широкого применения ввиду загрязнения внутренней полости системы очистки масла, полостей в шатунных шейках коленчатого вала и лабиринтов двигателя мелкими абразивами, которые в условиях эксплуатации могут продолжать износ деталей, снижая межремонтный ресурс.

*Применение присадок ДК-8 (бензинэтилксантогенат)* относится к присадкам, обладающим противозадирными свойствами. Технология получения отличается простотой, дешевой и доступностью исходного сырья. Это маслянистая жидкость, имеющая плотность 1,15 г/см<sup>3</sup>, температуру кипения 140–145 °С, получается при взаимодействии хлористого бензила и этилксантогената. Полная обработка сопряжения двигателей с присадкой ДК-8 в масло и топливо 1,6–3 % достигается за 10–12 часов, что позволяет сократить продолжительность обкатки в три раза. При этом нет необходимости износа прецизионных пар топливной аппаратуры, нет необходимости промывки системы смазки после обкатки, а только заменить ДК-8 на дизельное масло.

*Обкатка отремонтированных двигателей с подачи электрического тока* заключается в том, что через токопроводящие устройства в трущиеся пары подается постоянный электрический ток  $I = 3-6 \text{ А}$ ;  $U = 0,8-1,26 \text{ В}$  при холодной обкатке двигателя в течение 25–30 минут. При разработке технологического процесса обкатки двигателей с применением электрического тока были использованы методы электрофизической и электрохимической обработки металлов. Обкатка с применением электрического тока происходит в масляной среде. При этом каждая обрабатываемая деталь на поверхности имеет масляную пленку – своего рода диэлектрик. Подаваемый ток проходит по деталям и распределяется пропорционально трущимся поверхностям, в результате чего происходит

подплавление выступающих микронеровностей и их механическое сглаживание, улучшается прирабатываемость деталей.

Опыт применения этого метода лабораториями ГОСНИТИ на двигателях СМД-14 и АЧГАА на двигателях ЯМЗ показал, что время обкатки в сравнении с техническими условиями ГОСНИТИ сокращается в три раза. При этом эксплуатационные наблюдения показали, что у двигателей, обкатанных с подачей электрического тока, не выявлено отказов, связанных с выходом из строя цилиндрично-поршневой группы и коленчатого вала.

#### *Устройство тормозного стенда*

Двигатели обкатывают после ремонта на электротормозном стенде КИ-5542 ГОСНИТИ. Электрический обкаточно-тормозной стенд (рис. 10.2.1) состоит из плиты с четырьмя стойками 5, имеющими регулируемые опоры, на которых крепят обкатываемый двигатель, электродвигатель-тормоза 2, статор которого балансирно закреплен в подшипниках на стойках 1; редуктора 4 для изменения частоты вращения; весового механизма, фиксирующего поворот корпуса электродвигателя; пульта управления 3; регулировочного реостата и оборудования для замера расхода топлива весовым способом.

В корпусе пульта управления расположен весовой механизм, который передает поворот корпуса электродвигателя-тормоза на стрелку большого циферблата, показывающего величину усилия от действия крутящего момента. На пульте управления смонтированы тахометр, показывающий частоту вращения приводного вала; манометр, показывающий давление масла в системе смазки двигателя; два дистанционных термометра на 125 °С, контролирующих температуру картерного масла и воды обкатываемого двигателя; сигнальная лампочка, указывающая на необходимость выключения стенда при выведенных электродах реостата из электролита. Электролитом служит водный раствор кальцинированной соды. Для обкатки испытания двигателей малой, средней мощности рекомендуются применять раствор концентрации 0,5–1 %, а для двигателей большой мощности 2–3 % кальцинированной соды.

Сопротивление реостата изменяется в зависимости от величины погружения дисковых электродов в электролит. При этом изменяется тормозной момент, создаваемый электродвигателем-тормозом, а следовательно, изменяется и нагрузка испытываемого двигателя.

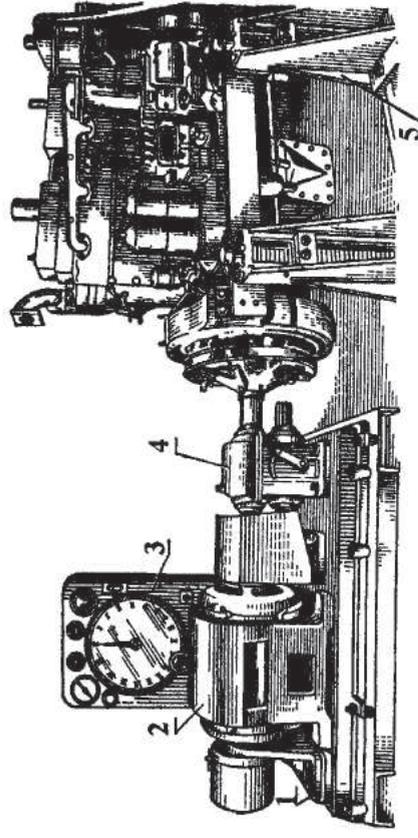


Рисунок 10.2.1 – Электрический обкаточно-тормозной стенд для приработки и испытания двигателей:

1 и 5 – стойки; 2 – электродвигатель-тормоз; 3 – пульт управления; 4 – редуктор

Для улучшения очистки масла на испытательных станциях применяют проточно-циркуляционную систему смазки, позволяющую наиболее эффективно очищать масло вне двигателя и подавать его в двигатель чистым. Производительность применяемого в этой системе насоса должна равняться суммарной производительности одновременно работающих масляных насосов обкатываемых двигателей.

Для охлаждения двигателей во время обкатки лучше применять индивидуальную систему охлаждения. При использовании централизованной системы необходимо строго выдерживать температуру воды, подводимой к двигателю, в пределах 65–75 °С, что обеспечивается установкой электроконтактного термометра, регулирующего поступление холодной воды в систему из водопроводной сети.

Перед холодной обкаткой в систему из водопроводной сети поступает холодная вода, указывающая на необходимость выключения стенда при выведенных электродах реостата из электролита. Электролитом служит водный раствор кальцинированной соды. Для обкатки испытания двигателей малой, средней мощности рекомендуются применять раствор концентрации 0,5–1 %, а для двигателей большой мощности 2–3 % кальцинированной соды.

Перед началом обкатки все механизмы двигателя должны быть смазаны и двигатель опробован на легкость вращения вручную. Коленчатый вал двигателя должен быть хорошо сцентрирован с приводным валом обкаточного стенда. При стандартном режиме

длительность холодной обкатки для тракторных двигателей устанавливаются 50–70 мин, для автомобильных – 20–30 мин, при применении присадок в масло и топливо – до 15 мин, а на маловязких жидкостях – 30 мин на двух-трех режимах по частоте вращения с постепенным ее увеличением от 500–600 до 1000 мин<sup>-1</sup> вначале без компрессии, а затем с компрессией.

Во время холодной обкатки на ощупь проверяют нагрев трущихся поверхностей. С помощью стетоскопа прослушивают стук и шум внутри двигателя. Внешним осмотром двигателя убеждаются, нет ли просачивания масла, воды и топлива. По окончании холодной обкатки на маловязких жидкостях их сливают из картера двигателя, корпусов масляных фильтров и масляного радиатора и дают жидкости стечь из всех полостей маслосистемы. Промывают масляный фильтр грубой очистки, реактивные масляные центрифуги и картер. Затем вновь собирают двигатель, заливают масло соответствующей марки или присоединяют двигатель к проточной циркуляционной системе смазки и прокручивают при малой частоте вращения для заполнения свежим маслом системы смазки двигателя.

### Порядок выполнения работы

#### Подготовка двигателей к обкатке

Двигатели в процессе капитального ремонта должны пройти холодную и горячую обкатку, а также контрольно-сдаточные испытания. Двигатели, поступающие на обкатку и испытание, должны быть отремонтированы в соответствии с техническими требованиями, приняты ОТК, иметь заполненную карту сборки с указанием номера топливного насоса и пускового двигателя. На топливном насосе, форсунках, водяном насосе, головке блока, блоке должны быть нанесены клейма ОТК. Перед обкаткой необходимо выполнить следующие подготовительные работы.

1. Масляный поддон двигателя заполнить моторным или обкаточным маслом до отметки «П» масломерного шупа. Тракторные двигатели целесообразно обкатывать на смеси масел дизельного (80 %) и индустриального (20 %), а автомобильные на автолаках АК6 или АК10.
2. Проверить наружные крепления двигателя, при необходимости подтянуть.

3. Провернуть коленчатый вал двигателя, момент проворачивания которого не должен превышать 0,5–0,7 Нм.
4. Проверить и при необходимости отрегулировать зазор между бойками коромысел и торцами стержней клапанов. Зазоры следует регулировать, соблюдая порядок работы цилиндров двигателя.
5. Проверить угол начала подачи топлива топливным насосом в цилиндры.

6. В картер топливного насоса дизеля, масляную ванну механизма передачи пускового двигателя и регулятор пускового двигателя залить до уровня контрольных отверстий (пробок) моторное масло.

Технологическая обкатка двигателя состоит из трех этапов: холодного, горячего без нагрузки (на холостом ходу) и горячего под нагрузкой и выполняется по соответствующим режимам на каждом этапе обкатки.

#### Холодная обкатка

Холодная обкатка двигателя выполняется в течение 70 мин, при этом система смазки и охлаждения должна удовлетворять следующим требованиям:

- температура масла на выходе из двигателя должна быть не выше 70–75 °С, а на входе не ниже 30 °С;
- давление масла должно быть не ниже (1 кгс/см<sup>2</sup>) 0,1 МПа при 600 мин<sup>-1</sup>;
- температура воды на выходе из двигателя должна быть не выше 80 °С.

Подтекание масла и воды в местах соединения не допускается. Ненормальные стуки и шумы в механизмах двигателя не допускаются. При появлении ненормальных стуков и других неисправностей необходимо прервать обкатку двигателя, определить причины ненормальной работы механизмов и устранить их.

Холодная обкатка двигателя выполняется на стенде на следующих скоростных режимах:

500–600 мин <sup>-1</sup>	– 15 минут
600–700 мин <sup>-1</sup>	– 15 минут
800–900 мин <sup>-1</sup>	– 20 минут
900–1000 мин <sup>-1</sup>	– 20 минут

### Обкатка двигателя без нагрузки

Пуск двигателя рекомендуется проводить электрической машиной тормозного стенда. Работа двигателя в процессе обкатки без нагрузки должна удовлетворять следующим требованиям:

- давление масла в главной магистрали при температуре 70–85 °С и скорости вращения коленчатого вала 1400–1600 мин<sup>-1</sup> должно быть 2,0–3,5 кгс/см<sup>2</sup> (0,2–0,35 МПа);
- температура воды на выходе из двигателя должна быть 75–85 °С; прогретый до нормального теплового состояния двигатель должен устойчиво работать без нагрузки с минимальной скоростью не более 600 мин<sup>-1</sup>;
- максимальная скорость холостого хода у двигателей Д-240 должна быть 1830<sup>+20</sup> мин<sup>-1</sup>;
- подсасывание воздуха в местах крепления впускного коллектора, прорыв газов в сопряжении головки с блоком и в местах крепления впускного коллектора не допускается.

Обкатка двигателя без нагрузки должна проводиться в течение 30 мин на следующих скоростных режимах:

- 1000–1200 мин<sup>-1</sup> – 15 минут
- 1400–1600 мин<sup>-1</sup> – 15 минут

По окончании горячей обкатки двигателя без нагрузки необходимо провести дозатяжку гаек, шпилек крепления головки цилиндров к блоку с моментом 16–18 кгс м (1,6–1,8 Нм).

Необходимо отрегулировать зазоры между торцами стержней клапанов и бойками коромысел, которые на прогревом двигателе должны быть 0,25<sup>+0,10</sup><sub>-0,05</sub> мм.

### Обкатка двигателя под нагрузкой

Обкатка двигателя под нагрузкой проводится в течение 80 мин при положении рычага регулятора, соответствующем полной подаче топлива на режимах, приведенных в таблице 10.2.1.

Максимальная нагрузка при обкатке двигателя не должна превышать 30 % от номинальной мощности.

Работа двигателя при обкатке под нагрузкой должна удовлетворять техническим условиям:

1. Температура воды и масла на выходе из двигателя должна быть 80–95 °С;
2. Давление масла в главной магистрали при номинальной частоте вращения коленчатого вала должна быть 0,2–0,35 Нм.

Таблица 10.2.1 – Режимы обкатки двигателей под нагрузкой

Нагрузка (по весовому механизму)		Мощность, кВт	Продолжительность обкатки, мин
Нм	кг м		
60	6	8,1	10
90	9	11,8	10
150	15	19,1	10
200	20	26,5	20
250	25	31,6	20
270	27	34,6	10

После обкатки двигателей под нагрузкой необходимо проверить и при необходимости отрегулировать максимальную и минимальную частоту вращения коленчатого вала на холостом ходу. Двигатели при обкатке под нагрузкой не должны иметь подтеканый топлива, воды, масла.

### Приемо-сдаточные испытания

Приемо-сдаточные испытания проводятся с целью определения мощностных и экономических показателей отремонтированных двигателей и оценки соответствия их состояния техническим требованиям.

1. Испытание двигателя должно проводиться без вентилятора, воздухоочистителя, глушителя шума и гидронасоса, при нормальном уровне масла в картере и установленной центрифуге.

2. Замеры нагрузки, частоты вращения коленчатого вала и часового расхода топлива должны проводиться на установившемся режиме работы двигателя не раньше, чем через 1–2 мин после выхода на режим. Количество замеров – не менее 2–3 с интервалом между замерами 1–1,5 мин, при температуре масла и охлаждающей жидкости 80–85 °С.

3. Нагружение прогретого до нормальной температуры двигателя при определении номинальной мощности и часового расхода топлива должно осуществляться последовательным увеличением нагрузки от холостого хода до полной при максимальной подаче топлива.

4. Продолжительность работы двигателя на номинальной мощности не должна превышать 5 мин, после чего следует разгрузить двигатель, проработать еще не менее 5 мин и затем при необходимости продолжить испытания.

5. Номинальная мощность двигателей и удельный расход топлива при нормальных атмосферных условиях (температура воздуха +20 °С, барометрическое давление 760 мм рт. ст., температура топлива +20 °С) должны соответствовать данным, приведенным в таблице 10.2.2.

Таблица 10.2.2 – Основные показатели отремонтированных двигателей

Марка двигателя	Частота вращения коленчатого вала, мин <sup>-1</sup>		Мощность при номинальной частоте вращения, кВт	Удельный расход топлива при номинальной мощности, г/кВт ч	Часовой расход топлива при номинальной мощности, кг/ч	Давление масла при номинальной частоте вращения, МПа
	на холостом ходу					
	номинальная	минимальная				
Д-240	1700 <sup>+30</sup> <sub>-20</sub>	1830 <sup>+20</sup>	55,2	195	11,7	2,0–3,5

6. Номинальная мощность двигателей и удельный расход топлива должны достигаться выбором оптимального угла начала подачи топлива и регулировкой часовой расхода топлива.

7. Результаты сдаточного испытания заносят в журнал испытаний.

Для определения качества ремонта после приработки и испытания двигателя подвергают осмотру на специальном стенде.

Если при контрольном осмотре обнаруживаются дефекты, их устраняют и двигатель подвергают повторному испытанию.

#### Обработка результатов испытаний

Эффективная мощность определяется по формуле

$$N_e = \frac{M_k \cdot n_n}{9550}, \text{ кВт}, \quad (10.2.1)$$

где  $M_k(P)$  – показания шкалы тормозного механизма стенда, Нм (кгс/м);  
 $n_n$  – частота вращения коленчатого вала двигателя, мин<sup>-1</sup>.

Часовой расход топлива определяется по формуле

$$G_T = 3,6 \cdot \frac{Q_T}{t}, \text{ кг/ч}, \quad (10.2.2)$$

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 рассчитывается по формуле

$$g = \frac{1000 \cdot G_T}{N_e}, \text{ г/кВт}. \quad (10.2.3)$$

Эффективная мощность дизеля и удельный расход топлива при стандартных условиях (атмосферное давление – 101 кПа или 760 мм рт. ст., температура воздуха 25°С, относительная влажность воздуха 50 %) не должны превышать указанных в таблице приложения И.

Если условия испытаний дизеля отличаются от нормальных, то измеренную мощность и удельный расход топлива необходимо приводить к нормальным условиям, пользуясь номограммами и формулами ГОСТ 18509–88.

#### Содержание отчета о работе

1. Цель работы и применяемое оборудование.  
 Результаты испытаний двигателя занести в таблицу 10.2.3.

Таблица 10.2.3 – Показатели испытания двигателя

Марка двигателя	Частота вращения коленчатого вала, мин <sup>-1</sup>		Мощность при номинальной частоте вращения, кВт	Удельный расход топлива при номинальной мощности, г/кВт ч	Часовой расход топлива при номинальной мощности, кг/ч
	на холостом ходу				
	номинальная	минимальная			
Д-240	1700 <sup>+30</sup> <sub>-20</sub>	1830 <sup>+20</sup>	600		

1. Каким оборудованием должно быть укомплектовано рабочее место обкатки?
2. Почему необходимо обкатывать двигатель после ремонта?
3. Что понимается под прирабатываемостью поверхности?
4. Какими показателями может быть оценено качество приработки деталей двигателей при обкатке?
5. Раскройте сущность безразборных показателей оценки качества приработки, их достоинства и недостатки.
6. Перечислите методы ускоренной обкатки двигателей и раскройте их сущность.
7. В чем заключается подготовка двигателя к обкатке?
8. Перечислите этапы обкатки двигателя, их сущность и назначение.
9. Каким требованиям должен удовлетворять двигатель после обкатки?
10. Что такое приемо-сдаточные испытания, их сущность?
11. Зачем необходимо измерять момент на прокручивание?
12. Что характеризует эффективная мощность, часовой и удельный расход топлива?

1. Беренсон, С. П. Химическая технология очистки деталей двигателей внутреннего сгорания / С. П. Беренсон. – М.: Транспорт, 1967. – 268 с.
2. Зорин, В. А. Основы работоспособности технических систем : учебник для вузов / В. А. Зорин. – М.: ООО «Магистр-Пресс», 2005. – 536 с.
3. Каталог оборудования и мощных средств при техническом обслуживании и ремонте машин. – М.: ГОСНИТИ, 1980. – 110 с.
4. Козлов, Ю. С. Очистка автомобилей при ремонте / Ю. С. Козлов. – М.: Транспорт, 1981. – 151 с.
5. Маршрутные технологические процессы ремонта двигателей для специализированных ремонтных предприятий. – М.: ГОСНИТИ, 1980. – 85 с.
6. Надежность и ремонт машин / В. В. Курчаткин, Н. Ф. Тельнов, К. А. Ачкасов и др.; под ред. В. В. Курчаткина. – М.: Колос, 2000. – 776 с.
7. Основы ремонта машин / под общ. ред. Ю. Н. Петрова. – М.: Колос, 1972. – 527 с.
8. Логорель, И. П. Обкатка и испытание тракторных и автомобильных двигателей / И. П. Логорель. – М.: Колос, 1973. – 208 с.
9. Практикум по ремонту машин / И. С. Левитский, А. Н. Астраханцев, В. Н. Воробьев и др. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Колос, 1974. – 335 с.
10. Рекомендации по ускоренным испытаниям отремонтированных деталей и узлов. – М.: ГОСНИТИ, 1988. – 51 с.
12. Ремонт машин / под общ. ред. Е. И. Ульянова. – М.: Колос, 1982. – 446 с.
13. Ремонт машин / под ред. Н. Ф. Тельнова. – М.: Агропромиздат, 1992. – 560 с.
14. Справочная книга по технологии ремонта машин в сельском хозяйстве / под ред. А. И. Селиванова. – М.: Колос, 1975. – 600 с.
14. Тельнов, Н. Ф. Технология очистки сельскохозяйственной техники / Н. Ф. Тельнов. – М.: Колос, 1983. – 256 с.
15. Технические условия и указания по дефектовке деталей и сопряжений при ремонте двигателей СМД-7 и СМД-14. – М., 1964. – 205 с.
16. Черноиванов, В. И. Техническое обслуживание и ремонт машин в сельском хозяйстве : учеб. пособие / В. И. Черноиванов, В. В. Бледных, А. Э. Северный и др.; под ред. В. И. Черноиванова. – М.: Челябинск: ГОСНИТИ, ЧГАУ, 2003. – 992 с.
17. Шевченко, А. И. Справочник слесаря по ремонту тракторов / А. И. Шевченко, П. И. Сафронов. – Л.: Машиностроение, 1989. – 512 с.

Способы удаления загрязнений

Способы очистки поверхности	Неорганические загрязнения	Масла и смазки	Асфальтоэмальстые отложения	Натар	Продукты коррозии	Старая краска
<b>Механические</b>						
гидродинамический (струи высокого давления)	++	++1)	++1)	-	-	-
механизированный (стеклошеры, косточковая крошка, металлический песок)	--	--	--	++	+	--
вибрабразивный	--	--	++1)	++1)	++	--
<b>Физико-химические</b>						
струйная очистка	+	++1)	+1)	-	-	++2)
очистка погружением	++1)	++1)	++4)	-	++3)	+2)
комбинированная очистка (погружение + струйная)	-	-	++4), 1)	-	++3), 1)	++2)
ультразвуковая очистка	--	+	--	+	+	--
<b>Химико-термический</b>						
щелочной расплав	--	--	+	++	+	--

Примечание: «++» – применение перспективно;

«+» – обычно применяется;

«-» – способ малоэффективен;

«← →» – применение нецелесообразно;

- 1 – применение растворов синтетических моющих средств;
- 2 – применение щелочных растворов с ускорителями;
- 3 – применение кислотных растворов с ингибиторами коррозии;
- 4 – применение растворяюще-эмульгирующих средств.

Размеры гильз и поршней автотракторных двигателей

Марка двигателя	Обозначение размерной группы	Внутренний диаметр гильз, мм	Диаметр поршней, мм	Ремонтные размеры, мм	
				гильз	поршней
ЯМЗ-240Б ЯМЗ-238НБ А-01М, А-41	А	130 <sup>+0,01</sup>	130 <sup>-0,19</sup> <sub>-0,20</sub>	-	-
	АА	130 <sup>+0,02</sup> <sub>-0,01</sub>	130 <sup>-0,18</sup> <sub>-0,19</sub>	-	-
	ААА	130 <sup>+0,03</sup> <sub>+0,02</sub>	130 <sup>-0,17</sup> <sub>-0,18</sub>	-	-
СМД-60, СМД-62, СМД-64	Б	130 <sup>+0,04</sup> <sub>+0,02</sub>	130 <sup>-0,16</sup> <sub>-0,18</sub>	-	-
	С <sub>1</sub>	130 <sup>+0,02</sup> <sub>+0,01</sub>	130 <sup>-0,17</sup> <sub>-0,19</sub>	-	-
	С <sub>2</sub>	130 <sup>+0,03</sup> <sub>+0,02</sub>	130 <sup>-0,16</sup> <sub>-0,17</sub>	-	-
М	М	130 <sup>+0,02</sup>	130 <sup>-0,18</sup> <sub>-0,20</sub>	-	-
	Б	20 <sup>+0,06</sup> <sub>+0,04</sub>	120 <sup>-0,16</sup> <sub>-0,18</sub>	120,7	120,7
	С	120 <sup>+0,04</sup>	120 <sup>-0,18</sup> <sub>-0,20</sub>		
СМД-14, СМД-15К, СМД-17К, 18К	М	120 <sup>+0,02</sup>	120 <sup>-0,20</sup> <sub>-0,22</sub>	-	-
	Б	110 <sup>+0,06</sup> <sub>+0,04</sub>	110 <sup>-0,10</sup> <sub>-0,12</sub>	110,7	110,7
	С	110 <sup>+0,04</sup> <sub>+0,02</sub>	110 <sup>-0,12</sup> <sub>-0,14</sub>		
Д-50 Д-240	М	110 <sup>+0,02</sup>	110 <sup>-0,14</sup> <sub>-0,16</sub>	-	-
	Б	110 <sup>+0,07</sup> <sub>+0,04</sub>	110 <sup>-0,14</sup> <sub>-0,16</sub>	110,7	110,7
	С	110 <sup>+0,04</sup> <sub>+0,02</sub>	110 <sup>-0,16</sup> <sub>-0,18</sub>		
Д-46 Д-65	М	110 <sup>+0,02</sup>	110 <sup>-0,18</sup> <sub>-0,20</sub>	-	-
	Б	92 <sup>+0,012</sup>	92 <sup>+0,012</sup>	92,5 <sup>+0,012</sup>	92,5 <sup>-0,012</sup>
	С	92 <sup>+0,012</sup>	92 <sup>+0,012</sup>		
ЗМЗ-53	М	93 <sup>+0,012</sup>	93 <sup>-0,012</sup>	93,5 <sup>+0,012</sup>	93,5 <sup>-0,012</sup>
	Б	93 <sup>+0,012</sup>	93 <sup>-0,012</sup>		
	С	93,5 <sup>+0,012</sup>	93,5 <sup>-0,012</sup>	-	-

ЗИЛ-130	А	$100^{+0,06}_{-0,05}$	$100^{+0,02}_{-0,01}$	—	—
	АА	$100^{+0,05}_{-0,04}$	$100^{+0,01}$	100,5	100,5
	Б	$100^{+0,04}_{-0,03}$	$100^{-0,01}$	101,0	101,0
	ББ	$100^{+0,03}_{-0,02}$	$100^{-0,01}_{-0,02}$	101,5	101,5

## ПРИЛОЖЕНИЕ В

## Допустимая разность в массе деталей при комплектовании ШПГ

Марка двигателя	Разность в массе (г не более)			Марка двигателя	Разность в массе (г не более)		
	поршней и шатунов	шатунов	поршней и шатунов		поршней и шатунов	шатунов	поршней и шатунов
ЯМЗ-240Б, ЯМЗ-38НБ А-01М, А-41	10	20	30	СМД-60, 62, 64	7	10	17
	10	20	30		Д-48, 65	10	20
Д-108	10	40	50	Д-240	10	10	20
СМД-14, 15К, 17К, 18К	10	12	22	ЗМЗ-53 ЗИЛ-130	3	5	8
					2	12	16

## Зазоры в замке поршневых колец и упругость колец

Марка двигателя	Компрессионное верхнее кольцо		Компрессионное кольцо		Маслосъемное кольцо	
	Зазор, мм	Упру-гость, Н	Зазор, мм	Упру-гость, Н	Зазор, мм	Упру-гость, Н
ЯМЗ-240Б, ЯМЗ-238НБ, А-01М, А-41	0,45-0,65	26-35	0,45-0,65	22-31	0,45-0,65	26-37
СМД-60, 62, 64	0,45-0,65	22-31	0,45-0,65	22-31	0,45-0,65	18-30
Д-108	0,70-1,10	120-170	0,60-0,85	80-120	0,50-0,90	49-82
СМД-14, СМД-15К, СМД-17К, СМД-18К	0,35-0,55	60-85	0,30-0,50	60-85	0,30-0,50	55-85
Д-240	0,78		0,40-0,78	60-85	0,40-0,78	33-52
Д-65, Д-48	0,48-0,80	46-68	0,48-0,80	46-69	0,48-0,80	20-45
ЗМЗ-53	0,30-0,50	19-27	0,30-0,50	44-54	0,30-0,50	32-44
ЗИЛ-130	0,25-0,60	20	0,25-0,60	44-54	0,90-1,50	32-40

Зазор в канавке поршня с поршневыми кольцами по высоте, мм

Марка двигателя	Номер канавки	Компрессионные кольца		Маслосъемные кольца	
		нормальные	допустимые	нормальные	допустимые
ЯМЗ-240Б	1	0,18-0,22	0,22	0,086-0,127	0,127
ЯМЗ-238НБ	2	0,15-0,19	0,19	-	-
А-01М, А-41	3	0,13-0,19	-	-	-
СМД-60, 62, 64	1, 2, 3	0,18-0,24	0,30	0,086-0,127	0,25
Д-108	1, 2, 3	0,08-0,12	0,30	0,040-0,085	0,20
СМД-14 и его модификации	1, 2, 3	0,08-0,125	0,24	0,040-0,085	1,18
Д-50, Д-240	1, 2, 3	0,08-0,125	0,22	0,150-0,215	0,30
Д-65	1, 2	0,08-0,125	0,22	0,150-0,215	0,30
Д-48	3, 4	0,050-0,095	0,18	0,250-0,335	0,40
ЗМЗ-53	-	0,05-0,08	-	0,047-0,067	-
ЗИЛ-130	-	0,050-0,082	-	0,047-0,067	-

Допустимые зазоры и натяги в соединении палец – втулка и палец – бобышки поршня

Марка двигателя	Диаметр пальца поршня	Маркировка пальца поршня	Натяг (-), зазор (+) бобышка – палец		Натяг (-), зазор (+) втулка – палец	
			Нормальные	Допустимые	Нормальные	Допустимые
ЯМЗ-38НБ ЯМЗ-40Б	50 <sup>-0,008</sup>	Б ББ БББ	-0,031 -0,048	+0,02	+0,02	-
А-01М, А-41	50 <sup>-0,008</sup>	Б ББ БББ	-0,012 0,003	+0,02	+0,025 +0,055	+0,15
СМД-60, 62, 64	50 <sup>-0,008</sup>	Белая Желтая	-0,015 +0,002	+0,02	-	-
Д-108	60 <sup>-0,008</sup>	А <sub>1</sub> А <sub>2</sub>	-0,080 -0,016	+0,02	+0,000 +0,026	+0,10
СМД-14 и его модификации	42 <sup>+0,001</sup> -0,004 42 <sup>-0,004</sup> -0,009	Белый Желтый	-0,016 -0,014	+0,03 -	+0,017 +0,042	+0,10 -
Д-50, Д-240	3 <sup>-0,008</sup>	Черная Желтая	-0,014 -0,004	+0,03	-	-
Д-65, Д-48	38 <sup>-0,008</sup>	Черная Желтая	-0,008 -0,004	+0,03	+0,008 +0,028	+0,10
ЗМЗ-53	25 <sup>-0,0025</sup>	Белый				
	25 <sup>-0,0025</sup> -0,0050	Зеленый	+0,0025	+0,03	+0,0045	-
	25 <sup>-0,0050</sup> -0,0075	Желтый	-0,0025		+0,0095	
	25 <sup>-0,0075</sup> -0,0100	Красный				
ЗИЛ-130	28 <sup>-0,002</sup>	Голубой				
	28 <sup>-0,002</sup> -0,005	Красный	-0,002	-0,008	-	-
	28 <sup>-0,005</sup> -0,008	Белый				
	28 <sup>-0,008</sup> -0,010	Черный				

ПРИЛОЖЕНИЕ Ж

Допустимые моменты прокручивания коленчатых валов дизелей

Марка дизеля	Величина момента, Нм
ЯМЗ-238НБ, ЯМЗ-240	80-100
СМД-60, 62, 64, 66, 72	60-80
СМД-14, 14Н, 15Н, 17Н, 19, 20, 21, 22	60-80
Д-50, Д-50Л, 50Г, 50ЛГ, Д-65	60-80
Д-108, Д-160	60-80
Д-240, Д-240Л, Д-241, Д-241Л	60-80
А-01М, А-41	40-50

ПРИЛОЖЕНИЕ И  
Номинальные и допустимые показатели работоспособности отремонтированных двигателей

Марка дизеля	Частота вращения, мин <sup>-1</sup>			Эффективная мощность (кВт (л. с.))			Удельный расход топлива (г/кВт ч (л. с. ч.))		
	номинальная	максимальная	минимальная	номинальная	максимальная	минимальная	при номинальной мощности	при максимальной мощности	при допустимой
Д-50, Д-50Л	1700	1850	600	(55)	(55)	(60)	(195)	(200)	(200)
Д-50Г, Д-50ЛГ	1600	1750	600	(50)	(50)	(55)	(195)	(200)	(200)
Д-65Н, Д-65М	1750	1880	650	46 <sup>+3,7</sup> (62 <sup>+5</sup> )	57 <sup>+3,7</sup> (77 <sup>+5</sup> )	45 <sup>+3,7</sup> (60 <sup>+5</sup> )	252(185)	258(189)	251(184)
Д-240, Д-240Л	2200	2380	600	57 <sup>+3,7</sup> (77 <sup>+5</sup> )	56 <sup>+3,7</sup> (75 <sup>+5</sup> )	56 <sup>+3,7</sup> (75 <sup>+5</sup> )	245(180)	251(184)	251(184)
Д-144-32	1800	1950	800	39 <sup>+3,7</sup> (52 <sup>+5</sup> )	38 <sup>+3,7</sup> (52 <sup>+5</sup> )	38 <sup>+3,7</sup> (52 <sup>+5</sup> )	238(175)	243(179)	243(179)
Д-144-07	2000	2150	800	46 <sup>+3,7</sup> (63 <sup>+5</sup> )	45 <sup>+3,7</sup> (61 <sup>+5</sup> )	45 <sup>+3,7</sup> (61 <sup>+5</sup> )	234(179)	239(183)	239(183)
Д-241, Д-241Л	2100	2275	600	53 <sup>+3,7</sup> (72 <sup>+5</sup> )	52 <sup>+3,7</sup> (70 <sup>+5</sup> )	52 <sup>+3,7</sup> (70 <sup>+5</sup> )	245(180)	251(184)	251(184)
СМД-14, СМД-14БН	1800	1950	600	61 <sup>+3,7</sup> (83 <sup>+5</sup> )	59 <sup>+3,7</sup> (81 <sup>+5</sup> )	59 <sup>+3,7</sup> (81 <sup>+5</sup> )	245(180)	251(184)	251(184)
СМД-17, СМД-18Н	1800	1950	600	73 <sup>+3,7</sup> (99 <sup>+5</sup> )	71 <sup>+3,7</sup> (97 <sup>+5</sup> )	71 <sup>+3,7</sup> (97 <sup>+5</sup> )	245(180)	251(184)	251(184)
СМД-17КН, 18КН	1900	2020	600	92 <sup>+3,7</sup> (125 <sup>+5</sup> )	90 <sup>+3,7</sup> (122 <sup>+5</sup> )	90 <sup>+3,7</sup> (122 <sup>+5</sup> )	238(175)	243(179)	243(179)
СМД-19, 20	1900	2020	600	118 <sup>+3,7</sup> (160 <sup>+5</sup> )	115 <sup>+3,7</sup> (156 <sup>+5</sup> )	115 <sup>+3,7</sup> (156 <sup>+5</sup> )	245(180)	251(184)	251(184)
СМД-60	2000	2180	800	129 <sup>+3,7</sup> (175 <sup>+5</sup> )	126 <sup>+3,7</sup> (171 <sup>+5</sup> )	126 <sup>+3,7</sup> (171 <sup>+5</sup> )	245(180)	251(184)	251(184)
СМД-62	2100	2280	800	118 <sup>+3,7</sup> (160 <sup>+5</sup> )	115 <sup>+3,7</sup> (156 <sup>+5</sup> )	115 <sup>+3,7</sup> (156 <sup>+5</sup> )	245(180)	251(184)	251(184)
СМД-64, 66	1900	2080	800	118 <sup>+3,7</sup> (160 <sup>+5</sup> )	115 <sup>+3,7</sup> (156 <sup>+5</sup> )	115 <sup>+3,7</sup> (156 <sup>+5</sup> )	245(180)	251(184)	251(184)
СМД-72	2100	2230	800	158 <sup>+7,4</sup> (215 <sup>+10</sup> )	154 <sup>+7,4</sup> (210 <sup>+10</sup> )	154 <sup>+7,4</sup> (210 <sup>+10</sup> )	238(175)	243(179)	243(179)
А-41	1750	1930	800	69 <sup>+3,7</sup> (94 <sup>+5</sup> )	67 <sup>+3,7</sup> (92 <sup>+5</sup> )	67 <sup>+3,7</sup> (92 <sup>+5</sup> )	245(180)	251(184)	251(184)
Д-160	1250	1340	800	121 <sup>+3,7</sup> (165 <sup>+5</sup> )	118 <sup>+3,7</sup> (161 <sup>+5</sup> )	118 <sup>+3,7</sup> (161 <sup>+5</sup> )	245(180)	251(184)	251(184)
ЯМЗ-238НБ	1700	1950	600	158 <sup>+3,7</sup> (215 <sup>+5</sup> )	154 <sup>+3,7</sup> (210 <sup>+5</sup> )	154 <sup>+3,7</sup> (210 <sup>+5</sup> )	238(175)	243(179)	243(179)
ЯМЗ-240Б	1900	2150	650	220 <sup>+3,7</sup> (215 <sup>+5</sup> )	215 <sup>+3,7</sup> (210 <sup>+5</sup> )	215 <sup>+3,7</sup> (210 <sup>+5</sup> )	227(167)	232(171)	232(171)

## Учебное издание

Лебедев Анатолий Тимофеевич,  
Петров Андрей Владимирович,  
Зубрилина Елена Михайловна и др.

# **ТЕХНОЛОГИЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ДЕТАЛЕЙ И СБОРОЧНЫХ ЕДИНИЦ ПРИ РЕМОНТЕ МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ**

*Лабораторный практикум*

Главный редактор *И. А. Погорелова*  
Заведующий издательским отделом *А. В. Андреев*  
Техническое редактирование и компьютерная верстка *И. Н. Олейникова*  
Редакторы *А. Г. Сонникова, О. С. Варганова, Е. А. Шулякова*

Подписано в печать 20.10.2010. Формат 60x84  $\frac{1}{16}$ . Бумага офсетная.  
Гарнитура «Times». Печать офсетная. Усл. печ. л. 14,2.  
Тираж 300 экз. Заказ № 408.

*Налоговая льгота – Общероссийский классификатор продукции ОК 005-93-953/000*  
Издательство Ставропольского государственного аграрного университета «АГРУС»,  
355017, г. Ставрополь, пер. Зоотехнический, 12.  
Тел/факс: (8652) 35-06-94.  
E-mail: agrus2007@mail.ru; <http://agrus.sguau.ru>.