

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
Белорусский национальный технический университет

Кафедра «Техническая эксплуатация автомобилей»

В. А. Лойко
А. С. Гурский

ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Учебно-методическое пособие
для студентов специальностей 1-37 01 06
«Техническая эксплуатация автомобилей (по направлениям)»,
1-37 01 07 «Автосервис»

*Рекомендовано учебно-методическим объединением по образованию
в области транспорта и транспортной деятельности*

Минск
БНТУ
2022

УДК 629.33.083.5

ББК 39.33-08

Л72

Р е ц е н з е н т ы:

кафедра «Технологии и организация технического сервиса»
УО БГАТУ (зав. каф., канд. техн. наук, доцент *В. Е. Тарасенко*);
начальник информационно-аналитического отдела
Государственного комитета по науке и технологиям
Республики Беларусь *И. В. Матвиенко*

Лойко, В. А.

Л72

Восстановительные технологии : учебно-методическое пособие для студентов специальностей 1-37 01 06 «Техническая эксплуатация автомобилей (по направлениям)», 1-37 01 07 «Автосервис» / В. А. Лойко, А. С. Гурский. – Минск : БНТУ, 2022. – 82 с.

ISBN 978-985-583-774-0.

В пособии даны теоретические и практические материалы для проведения лабораторных работ по восстановительным технологиям, приведены содержание и порядок выполнения лабораторных работ, дана последовательность и методика расчета основных параметров технологического процесса восстановления, а также основные правила охраны труда на рабочем месте.

Пособие предназначено для студентов специальностей 1-37 01 06-01 «Техническая эксплуатация автомобилей (автотранспорт общего и личного пользования)» и 1-37 01 07 «Автосервис» и может быть рекомендовано магистрантам, аспирантам технических вузов, специалистам предприятий технического сервиса и инженерно-техническим работникам.

УДК 629.33.083.5

ББК 39.33-08

ISBN 978-985-583-774-0

© Лойко В. А., Гурский А. С., 2022

© Белорусский национальный
технический университет, 2022

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
Лабораторная работа № 1. Мойка и очистка агрегатов и деталей автомобилей.....	5
Лабораторная работа № 2. Дефектация блока цилиндров двигателя.....	21
Лабораторная работа № 3. Дефектация гильзы цилиндра двигателя.....	37
Лабораторная работа № 4. Контроль износа и деформаций коленчатых валов автомобильных двигателей.....	49
Лабораторная работа № 5. Контроль износа и деформаций распределительного вала двигателя.....	62
Лабораторная работа № 6. Восстановление профиля кулачков распределительного вала шлифованием.....	71
Литература.....	81

ВВЕДЕНИЕ

Настоящее учебно-методическое пособие содержит теоретические и справочные материалы для проведения лабораторных работ по восстановительным технологиям, в ходе выполнения которых студенты закрепляют и углубляют теоретические знания и получают практические навыки по технологиям восстановления деталей автомобилей.

В каждой теме предусматриваются разделы:

- задание;
- оснащение рабочего места;
- охрана труда;
- теоретические сведения;
- порядок выполнения работы;
- содержание отчета.

Выполнение каждой лабораторной работы включает следующие этапы:

- домашняя самостоятельная подготовка;
- проверка готовности студентов к выполнению лабораторной работы (путем проведения опроса, тестового контроля);
- изучение органов управления оборудованием и правил по охране труда;
- проверка комплектности рабочих мест;
- выполнение работы в требуемом порядке (дополнение исходных данных, проведение необходимых операций и расчетов, выполнение схем, эскизов, графиков, заполнение таблиц);
- организационно-техническое обслуживание рабочего места;
- оформление отчета;
- защита результатов работы.

Самостоятельная подготовка к лабораторной работе включает подготовку исходных данных, расчетных формул, эскизов, таблиц, изучение конспектов, настоящего лабораторного практикума и соответствующей дополнительной литературы. Объем и порядок самостоятельной работы студентов устанавливает преподаватель. В зависимости от конкретных условий могут быть приняты и другие организационные решения проведения работ.

К выполнению лабораторных работ студенты допускаются только после усвоения ими правил охраны труда, что подтверждается их подписью в журнале протоколов проверки знаний по мерам безопасности.

Лабораторная работа № 1

МОЙКА И ОЧИСТКА АГРЕГАТОВ И ДЕТАЛЕЙ АВТОМОБИЛЕЙ

Цель работы: закрепить теоретические знания и получить практические навыки мойки агрегатов и деталей автомобилей.

Студент должен знать: правила безопасной работы; назначение, техническую характеристику, устройство, принцип работы, технологические возможности и правила эксплуатации высоконапорных моечных установок; адаптеры и принадлежности, рекомендуемые к использованию с моечными установками; технологические режимы удаления различных типов загрязнений; системы рециркуляции воды для аппаратов высокого давления; состав, обустройство и принцип работы поста мойки агрегатов и деталей автомобилей системой оборотного водоснабжения; условия работы детали; характерные загрязнения, методы их выявления и характеристики; технические условия на приемку деталей в ремонт; маршрут восстановления детали.

Задание

1. Исходя из выбранной технологии восстановления, обосновать технические требования, технологический процесс, режимы и составы моечных растворов для мойки агрегатов или деталей автомобиля по заданию преподавателя.

2. Изучить назначение, техническую характеристику, устройство и принцип работы высоконапорной мониторной моечной машины Керхер HD 5/12 C, HD 5/12 CX и адаптеров, а также технику безопасности при работе с ней.

3. Разработать технологический маршрут мойки агрегата или детали по заданию преподавателя.

4. Провести очистку загрязненного объекта по заданию преподавателя.

5. Проконтролировать результат и дать заключение о достигнутой чистоте поверхности и правильности выбора технологии и моечного состава.

6. Оформить и защитить отчет по лабораторной работе.

Оснащение рабочего места

1. Высоконапорная мониторная моечная машина Керхер HD 5/12 C, HD 5/12 CX или другой марки с близкими техническими характеристиками.
2. Устройство для безопасного отвода выхлопных газов и точно-вытяжная вентиляция.
3. Комплект адаптеров для выполнения моечных операций (ротная форсунка, пескоструйная и пенная насадки, насадки для промывки трубопроводов, турболазер и др.).
4. Спецдежда (водонепроницаемый комбинезон, резиновые сапоги, перчатки, защитные очки, головной убор).
5. Растворы технических моющих средств (ТЕМП-100Д, МС-6 и др., $V = 40$ л) и сеяный песок ($m = 50$ кг).
6. Вода водопроводная (СТБ 1188-99).
7. Объекты очистки: автомобиль, двигатель, коробка передач, крупногабаритные корпусные или другие базовые детали с типичными видами загрязнений.

Охрана труда

1. При работе с электрооборудованием следует руководствоваться ТКП 181-2009 «Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей».
2. Работа с высоконапорным моечным аппаратом должна выполняться только после инструктажа, в присутствии инженера и преподавателя и по их указанию.
3. Запрещается направлять струю на людей, животных, электрическое оборудование под напряжением или на саму высоконапорную моечную установку.
4. Не допускается прикасаться к нагретым металлическим деталям насадки или рабочего органа моечной машины во время работы.
5. Не допускается выполнять лабораторную работу с использованием не заземленного (зануленного) аппарата, а также с поврежденным электрокабелем.
6. При работе с аппаратом следует использовать спецдежду.
7. При работе необходимо крепко обеими руками удерживать рабочий орган моечной машины в процессе мойки, т. к. струя высо-

кого давления создает при включении обратный толчок, а при наличии изогнутой насадки – значительный крутящий момент.

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

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

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

Теоретические сведения

Направляемые в ремонт автомобили, агрегаты и детали предварительно подвергают чистке.

Моечно-очистные работы существенно влияют на качество ремонта, производительность труда при разборке, дефектации, сборке, окраске и регулировке. Тщательная очистка помогает обнаруживать незамеченные трещины на корпусных деталях и, следовательно, облегчает дефектацию при наружном осмотре. Для эффективного удаления загрязнений с объектов ремонта применяют многостадийную мойку, включающую наружную чистку, очистку агрегатов и сборочных единиц, очистку деталей после восстановления, очистку перед сборкой и окраской.

Основные требования к качеству очистки – полное удаление всех загрязнений, что позволяет определить действительное механическое состояние детали, установить степень ее пригодности для восстановления и назначить способ устранения каждого дефекта.

Наличие жировых и других загрязнений на деталях, подлежащих окраске или покрытию гальваническими или химическими способами, приводит к шелушению и отслоению этих покрытий в процессе эксплуатации.

Загрязнения на деталях, восстанавливаемых наплавкой, вызывают образование в наплавленном металле пор и раковин.

Некачественная очистка деталей снижает послеремонтнуюработку агрегатов на 20–30 %. Наиболее распространенные типы *эксплуатационных загрязнений* и их характеристики приведены в табл. 1.1.

Таблица 1.1

**Виды и характеристики эксплуатационных загрязнений
на поверхностях автомобилей, агрегатов
и их корпусных деталей**

Вид	Площадь (на двигателях/автомобилях), %	Масса (на двигателях/автомобилях), кг	Толщина, мм	Адгезия, кгс/м ²	Поверхностная плотность, г/м ²
Пылевые и грязевые	5–10 / 5–12	0,2–1 / 5–20	0,5–10	0,005–0,02	1400–2400
Остатки перевозимых грузов	15	4–50	60	–	1200–2400
Остатки масел двигателей	12–24 / 10–15	3	0,5–10	0,05–0,3	900–950
Остатки трансмиссионных масел	– / 10–25	– / 3–4	0,1–10	0,01–0,1	900–950
Остатки пластичных смазок	– / 6–10	– / 4	0,1–12	0,05–0,2	–
Маслогрязевые	75–80 / 55–60	1,5–2,5 / 3–12	0,5–15	0,01–0,15	1100–1800
Асфальтосмолистые	30–40 / –	0,2–0,3 / –	0,5–5	0,3–6,0	950–1100
Нагар	2–3 / –	0,1–0,2 / –	0,3–8	0,5–7,0	1050–1200
Накипь	10–15 / –	0,1–1,3 / –	1–5	10–20	2300–2600
Продукты коррозии	2–3 / –	0,1–0,3 / 0,1–0,8	0,1–0,3	–	1500–2500
Остатки краски	20–25 / 85	0,4–0,6 / 5	0,1–1,5	5–30	1000–1400
Консервационные смазочные материалы	7 / 6	1 / 1,0–2,0	1	0,1–0,2	–

Технологические загрязнения связаны с производственным процессом ремонта. К ним относятся: производственная пыль, стружка и абразив, окалина и шлаки, притирочные пасты и остатки эмульсий, продукты износа при обкатке.

Применяют следующие способы контроля остаточной загрязненности поверхности: протирание, взвешивание, люминесцентный метод и метод смачивания водой (по краевому углу смачивания).

Протирание поверхности выполняется бумажной салфеткой, тканью или ватным тампоном. Наличие грязи на протирочном материале количественно оценивается взвешиванием.

Метод *взвешивания* состоит в том, что остаток загрязнения определяют взвешиванием. Сравнивая очищенные образцы с эталонами, можно быстро и с достаточной точностью оценивать моющую способность различных средств.

Люминесцентный метод основан на свойстве масел люминесцировать под влиянием ультрафиолетового света. Величина и интенсивность светящейся поверхности указывают на загрязненность поверхности.

Метод *смачивания* поверхности водой основан на способности металлической поверхности удерживать непрерывную пленку воды, если эта поверхность свободна от масляных (гидрофобных) загрязнений.

Очистка поверхности – удаление загрязнений с поверхности до определенного уровня ее чистоты.

Существуют различные методы очистки (рис. 1.1). В основе каждого метода используется определенный способ разрушения загрязнений и удаления их с поверхности.

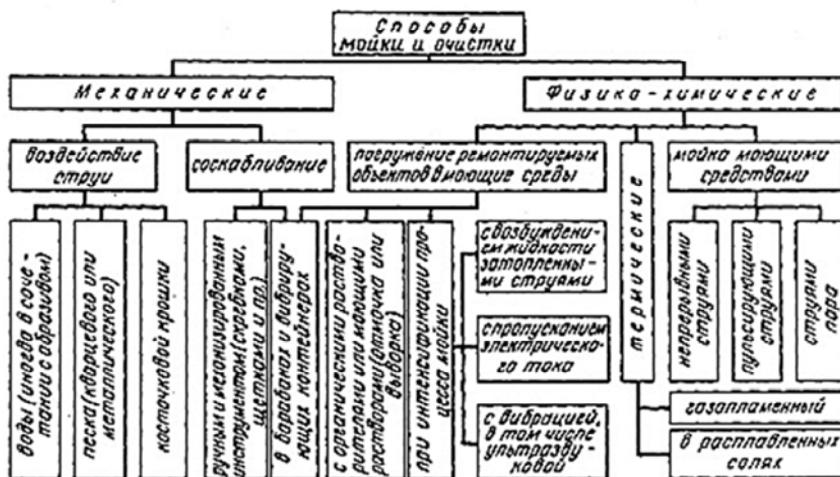


Рис. 1.1. Классификация способов мойки и очистки агрегатов и деталей автомобиля

Для ускорения процессов очистки применяют следующие способы интенсификации: повышение температуры и давления очищающей среды, вибрационную активацию очищающей среды и др.

В общем виде работа, совершаемая для удаления загрязнений:

$$A_0 = A_{\text{фх}} + A_{\text{м}},$$

где $A_{\text{фх}}$ – работа, совершаемая очищаемой средой в результате физико-химической активности;

$A_{\text{м}}$ – работа, связанная с механическим воздействием среды на разрушение загрязнения и его связи с поверхностью.

Выбор процесса очистки за счет оптимальных величин $A_{\text{фх}}$ и $A_{\text{м}}$ основан на технологических и экономических соображениях.

Работа $A_{\text{фх}}$ зависит от моюще-очищающей активности среды, ее концентрации и температуры. Работа $A_{\text{м}}$ зависит от механической интенсивности процесса очистки (струи, вибрации, ультразвуковых колебаний и т. д.). Чем физико-химически активнее среда (т. е. больше $A_{\text{фх}}$), тем потребуются меньше механической энергии; чем меньше $A_{\text{фх}}$, тем больше необходимо затратить $A_{\text{м}}$ для достижения одинакового эффекта очистки.

Способы очистки, рекомендуемые для удаления различных загрязнений, приведены в табл. 1.2.

Таблица 1.2

Применяемые способы удаления различных загрязнений

Виды загрязнений	Способ очистки
Нагар	Термомеханический (расплав солей); гидровиброабразивный; комбинированный; ванно-струйная очистка (растворяющий состав – щелочной раствор)
Асфальтосмолистые отложения	Пароводоструйный с моющими средствами; струями с моющими средствами; гидровиброабразивный; циркуляционный в растворителе; в щелочном растворе погружением с активацией раствора винтами; в растворителе с активацией вибрацией
Застарелая смазка	Пароводоструйный с моющими средствами; струями высокого давления (с моющими средствами и без них); струями низкого и среднего давления с моющими средствами; погружением в щелочной раствор или растворитель с активацией вибрацией или винтами; комбинированные способы (растворяющий состав – щелочной раствор)

Виды загрязнений	Способ очистки
Накипь	Термомеханический (расплав солей)
Продукты коррозии	Гидроабразивный; циркуляционный в кислотном растворе; погружением в кислотный раствор (ванна со статическим положением деталей)
Отслоившиеся лакокрасочные покрытия	Пароводоструйный; струями высокого давления (с моющими средствами); погружением в щелочной раствор и активацией раствора винтами или вибрацией
Дорожно-почвенные отложения	Пароводоструйный без моющих средств; струями высокого давления с моющим и средствам и без них

На результат процесса очистки можно влиять с помощью:

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

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

- выбора технологической схемы очистки (одно- или многостадийная, соответствующая видам отмываемых загрязнений и степени доступности загрязненных поверхностей);

- предварительного модифицирования загрязнений пропаркой, растворением или другими способами;

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

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

Технология очистки отработанных моющих растворов сводится к научно обоснованному выбору, реализации и строгому соблюдению управляющих факторов, с помощью которых можно при минимальной себестоимости получить регламентированные (или желательные) выходные параметры.

Удаление загрязнений с помощью струй высокого давления основывается на механике разрушения когезионных и адгезионных

связей. Высокая кинетическая энергия движущейся жидкости в результате удара под углом к поверхности вызывает напряжение сдвига в слое загрязнений и на границе с поверхностью детали. Это приводит к последующему разрушению когезионных связей между частицами загрязнения и адгезионных связей между слоем загрязнения и очищаемой поверхностью.

Высоконапорное мониторное моечное оборудование рекомендуется использовать для наружной очистки автомобилей, их агрегатов и крупногабаритных базовых деталей (корпусных и валов). Управление гидромониторами осуществляется операторами, которые находятся за пределами зоны мойки.

Максимальный эффект очистки гидромониторной струей достигается при $\alpha = 0$ и оптимальном расстоянии от среза насадки до очищаемой поверхности, равном $l = (100-150)d$, где d – диаметр насадки, мм.

Применение гидромониторных установок высокого давления позволяет снизить трудоемкость очистки в 5–10 раз, расход воды – в 12–15 раз, расход электроэнергии – в 4–8 раз.

У современных мониторных моечных машин расход моечного раствора – 900–1800 л/ч, давление – 5–30 МПа, скорость струи – 70–120 м/с, гидродинамическая мощность – 3–7,5 кВт.

В табл. 1.3 приведены технические характеристики, а на рис. 1.2 и 1.3 – устройство и гидравлическая схема высоконапорной мониторной моечной машины Керхер HD 5/12 С, HD 5/12 СХ.

Таблица 1.3

Технические характеристики высоконапорной мониторной моечной машины Керхер HD 5/12 С, HD 5/12 СХ

Тип		HD 5/12 С	HD 5/12 С	HD 5/12 С
		EU	GB	CH
Напряжение энергосети	В	230	230–240	230
Частота переменного тока	Гц	1 ~ 50		
Потребляемая мощность	кВт	2,5	2,5	2,2
Температура воды (max)	°С	60		
Количество воды (min)	л/мин	12		
Высота всасывания при 20 °С	м	0,5		
Давление на входе (max)	МПа	1		

Давление рабочее на выходе	МПа	12	12	11,5
Давление рабочее на выходе (max)	МПа	17,5	17,5	17,1
Подача воды	л/мин	8,3		
Расход моющего средства	л/ч	0–25		
Сила отдачи распылителя	Н	21,3		
Габаритные размеры	мм	380 × 360 × 930		
Вес	кг	23,7 (26)		

Установка представляет собой насосный агрегат, смонтированный на четырехколесной тележке и оборудованный системами нагрева воды, подачи моющих средств, автоматики и защиты. Для подачи струи на объект очистки служит гидромонитор, соединенный с насосом высокого давления рукавом. Система нагрева воды включает теплообменник, форсунку, топливный насос, топливный бак, регулятор температуры нагрева, вентилятор подачи воздуха и подкачивающий водяной насос с приводом от электродвигателя.

Подробно устройство и работа установки рассматриваются на лабораторных работах дисциплин «Средства технического оснащения автосервиса» и «Механизация процессов технической эксплуатации».

Вода из водопровода через впускные клапаны 7 поступает в плунжеры 8, которые под давлением подают ее к моечному пистолету 5 через выпускные клапаны 9 и обратный клапан 3. При повышении давления до значения, установленного перепускным клапаном 4, которое контролируется с помощью манометра 2, часть воды уходит обратно во впускную магистраль и клапан закрывается, после чего цикл повторяется. При отпускании ручки моечного пистолета весь поток воды через перепускной клапан 4 возвращается во впускную магистраль, а электропривод не отключается. Распыл воды, выходящий из моечного пистолета можно регулировать с помощью сменного наконечника. В общем случае гидромониторный рабочий орган представляет собой динамический струйный насос трения.

Для очистки сточных вод от нефтепродуктов, масел, жиров, взвешенных веществ, гидроксидов металлов после мойки автомобилей, агрегатов, деталей рекомендуется флотационно-фильтрационная установка (ФФУ).

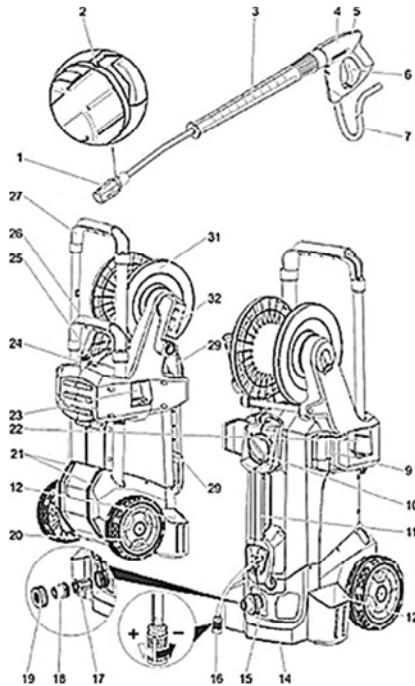


Рис. 1.2. Общее устройство высоконапорной моечной машины Керхер HD 5/12 С, HD 5/12 СХ:

- 1 – насадка; 2 – маркировка форсунки; 3 – струйная трубка;
- 4 – ручной пистолет-распылитель; 5 – рычаг предохранителя;
- 6 – рычаг ручного пистолета-распылителя; 7 – шланг высокого давления;
- 8 – резиновая лента (для устройств без барабана для шланга);
- 9 – держатель струйной трубки с зажимом для транспортировки;
- 10 – выключатель аппарата; 11 – рукоятка для ношения прибора;
- 12 – струйная трубка кипятильника; 13 – соединение высокого давления;
- 14 – поручень; 15 – подключение водоснабжения; 16 – всасывающий шланг для моющего средства с фильтром и дозатором моющего средства;
- 17 – сетчатый фильтр; 18 – патрубок шланга; 19 – накидная гайка;
- 20 – колпак колеса; 21 – скользящие/неподвижные полозья;
- 22 – подставка для роторной форсунки (роторная форсунка входит только в комплект поставки варианта HD...PLUS); 23 – подставка для тройной форсунки; 24 – транспортировочное крепление устройства для очистки поверхностей; 25 – разблокировка буксирной скобы;
- 26 – буксирная скоба, внизу (вставленная); 27 – буксирная скоба, сверху (вытянутая); 28 – подставка для шланга; 29 – держатель кабеля;
- 30 – держатель струйной трубки без зажима;
- 31 – барабан для намотки шланга; 32 – рукоятка

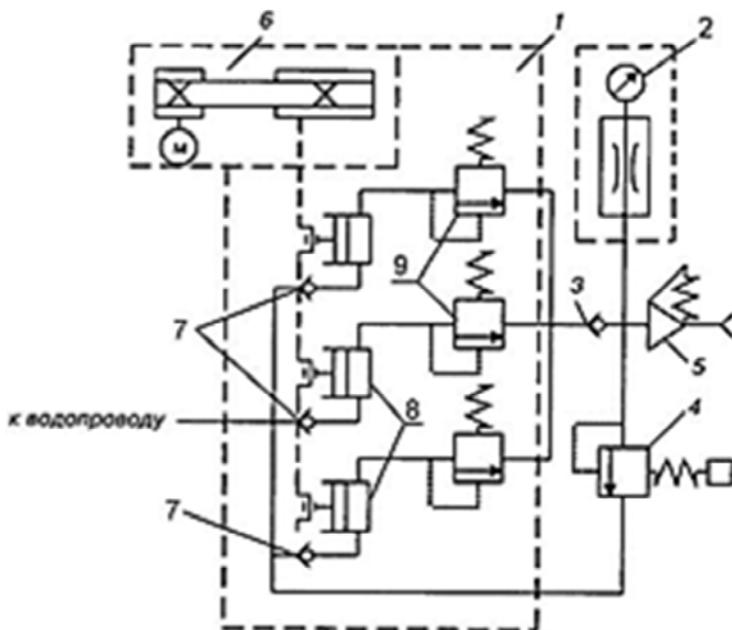


Рис. 1.3. Гидравлическая схема высоконапорной моечной машины Керхер HD 5/12 С, HD 5/12 СХ:

- 1 – плунжерный трех- или четырехцилиндровый насос со сдвигом фаз на 120° (или 90° соответственно); 2 – манометр с демпфером;
 3 – обратный клапан; 4 – перепускной клапан, регулирующий давление на выходе из пистолета; 5 – моечный пистолет со сменными насадками;
 6 – электропривод; 7 – впускной клапан, 8 – плунжеры; 9 – выпускной клапан

Установка предназначена для эксплуатации только в закрытых производственных помещениях категории «Д», класса П-I по ПУЭ, при температуре воздуха в помещении $5-35^\circ\text{C}$ и влажности 65% (при температуре 20°C).

Установка может использоваться в составе очистных сооружений моечных постов и участков СТО, автотранспортных и авторемонтных предприятий в качестве промежуточного или заключительного звена очистных сооружений для повышения производительности и степени очистки.

Очистка сточных вод на ФФУ может производиться как с применением реагентов (коагулянтов, флокулянтов) так и без таковых, в зависимости от типа стоков и требований к очищенной воде.

Таблица 1.4

Технические характеристики
флотационно-фильтрационной установки ФФУ-6МР

Показатель	Значение
Производительность, м ³ /ч	5,4–6,6
Рабочее давление в сатураторе, МПа	0,6
Время сатурации (min), мин	2,5
Время флотации, мин	21–24
Объем загрузки фильтра, м ³	0,24
Габаритные размеры, мм	
длина, в транспортном положении / в сборе	2200/2700
ширина	1785
высота	1760
Масса транспортная (max), кг	930
Масса рабочая (max), кг	3860
Питающая сеть, ~ трехфазная, В	380
Установочная мощность, кВт	4,2
Температура очищаемой воды, °С	5–30

В табл. 1.5 представлены составы синтетических моющих средств (СМС) для струйных и погружных способов чистки.

Средства Лабомид-101, Лабомид-102 и МС-6 предназначены для моечных машин струйного типа, а Лабомид-203 и МС-8 – для машин погружного типа.

Разработаны новые составы технических моющих препаратов Темп-100 и Темп-100А. Препараты Темп эффективнее, чем Лабомид и МС, Темп-100А обладает повышенным пассивирующим действием по отношению к очищаемой поверхности. Из зарубежных СМС наиболее эффективным являются Силирон У-64 и Гр-форте-супер.

Моющее средство МС-9 пожаро- и взрывобезопасно, состоит из неионогенных ПАВ (0,3 %), активных добавок (Na₂, CO₃, Na₃, PO₄, NaOH) (6 %) и воды (93,7 %). МС-9 имеет низкую пенообразующую способность, что позволяет применять его при механизированной очистке деталей струйным методом и использовать при более низкой температуре, чем средство МЛ-52 (МЛ-52 – при 80–100 °С; МС-9 – при 70–75 °С) с одинаковым моющим действием.

Таблица 1.5

Составы синтетических моющих средств
для струйных и погружных способов очистки, %

Компоненты моющих средств	Марка моющих средств						
	Лабомид-101	Лабомид-203	МС-6	МС-8	МС-15	МС-16	Темп-100
Кальцинированная сода	50	50	40	38	44–42	40	40,5
Тринатрийфосфат	–	–	–	–	–	–	20
Триполифосфат натрия	30	30	25	25	22	26	15
Метасиликат натрия	16,5	10	29	29	28	28	20
Карбамид	–	–	–	–	–	–	2,8
Синтанол ДС-10	3,5	8	6	–	–	–	1,5
Сингамид-5	–	–	–	8	–	–	–
Алкилсульфаты	–	2	–	–	–	–	–
Оксифос-Б	–	–	–	–	6–8	–	–
Сингамид-510	–	–	–	–	–	4	–
Оксифос КД-6	–	–	–	–	–	–	0,5

Рабочие концентрации растворов СМС зависят от загрязненности поверхности и составляют 5–20 г/л. Наилучшее моющее действие растворов СМС проявляется при температуре 80–85 °С.

В ремонтном производстве используется водный раствор едкого натра, который не может применяться для очистки и мойки деталей из алюминия и его сплавов.

Алюминий реагирует со щелочами с образованием растворимой соли (алюмината натрия), поэтому для обезжиривания деталей из алюминия и алюминиевых сплавов используют растворы на основе кальцинированной соды (10–15 г/л) с добавлением тринатрийфосфата (10–25 г/л) и жидкого стекла (10–15 г/л).

Эффективность рассмотренных СМС представлена в табл. 1.6, из которой следует, что СМС в 3–5 раз эффективнее растворов едкого натра.

Нейтральные жидкости не вступают в химическое взаимодействие с загрязнениями, их очищающее действие основано на образовании с загрязнениями коллоидных растворов, суспензий и эмульсий.

Таблица 1.6

Эффективность применения моющих средств

Моющее средство	Концентрация СМС, г/л	Чистота поверхности, баллы, в зависимости от времени очистки ¹ , с					
		30	60	90	120	180	240
Едкий натр	15–25	2	4	–	5,0	6,5	7
Лабомид 101	30	2	4,5	6	8	9,5	10
МЛ-52	30	3,5	7,5	9	10	10	–
Лабомид-203	30	3	7	8,5	10	10	–
МС-6	30	2	4,5	7	8	9,5	10
МС-8	30	3,5	7,5	9	10	10	–
Силирон У-64	10	–	–	–	–	8	–
	20	–	–	–	–	9,5	10
	30	3	5	9	9	10	10

¹ Определено на установке КИ-3127.

Нейтральные жидкости подразделяются на органические (перхлорэтилен, трихлорэтилен, ксилол, ацетон, дихлорэтан, дизельное топливо, керосин тракторный, бензин и уайт-спирит) и неорганические (вода).

На ремонтных предприятиях часто используют такие моющие средства, как дизельное топливо, бензин, уайт-спирит, керосин. Они применяются для внутренней промывки картера двигателя, коробки передач и ведущих мостов. Наибольший интерес представляет применение этих средств и их композиций для очистки деталей двигателей от асфальтосмолистых отложений и нагаров.

В работе с моечной машиной Керхер HD 5/12 С, HD 5/12 СХ могут использоваться следующие режимы:

1. Мойка высокого давления.

Устройство может работать в вертикальном и горизонтальном положении. Устройство оснащено пневматическим выключателем. Двигатель запускается только тогда, когда вытянут рычаг пистолета.

В моечной установке с барабаном для шланга необходимо всегда полностью разматывать с барабана шланг высокого давления.

Порядок работы:

– установить выключатель прибора в положение «I»;

– разблокировать ручной пистолет-распылитель и вытянуть рычаг пистолета;

– выбрать вид струи, закрыть пистолет-распылитель и вращать корпус форсунки до тех пор, пока желаемый символ не совпадет с маркировкой:

 круглая струя высокого давления (0°) для особо устойчивых загрязнений;

 плоская струя низкого давления (CHEM) для работы с моющим средством или мойки низким давлением;

 плоская струя высокого давления (25°) для обширных загрязнений.

2. Режим «с моющим средством».

Порядок работы:

– вытянуть всасывающий шланг для моющего средства;
– установить объем всасывания раствора моющего средства у фильтра для моющего средства;

– всасывающий шланг чистящего средства вставить в сосуд с чистящим средством;

– установить форсунку на положение «CHEM».

Рекомендуемый способ мойки:

– экономно разбрызгать моющее средство по сухой поверхности и дать ему прореагировать с загрязнениями без высыхания;

– отходящие загрязнения смыть с помощью высоконапорного моющего аппарата;

– после эксплуатации установить максимальный объем всасывания на фильтре для чистящего средства;

– запустить устройство и через одну минуту прополоскать.

Для перерыва в работе отпустить рычаг ручного пистолета-распылителя, установка выключится.

Примечание:

– при выключении устройства давление воды снижается до 70 %, уменьшается усилие, необходимое для удержания ручного пистолета-распылителя и увеличивается срок службы устройства;

– для возобновления работы следует снова потянуть за рычаг ручного пистолета-распылителя, прибор снова включится.

Порядок выполнения работы

1. Изучить технику безопасности при выполнении моечно-очистных работ с использованием моечной машины Керхер HD 5/12 C, HD 5/12 CX.

2. Получить у преподавателя задание на мойку заданного объекта ремонта (агрегат, узел, базовая деталь (корпусная или вал)).

3. Исходя из вида и характера загрязнений, обосновать выбранную технологию ремонта или восстановления и технические требования к результатам моечно-очистной операции.

4. Ознакомиться с оснащением рабочих мест, устройством и принципом работы оборудования, приспособлениями и инструментами.

5. Обосновать параметры процесса очистки объекта ремонта, исходя из технических требований (выбрать высоконапорную либо низконапорную мойку, тип струи, воду либо моечное средство, холодную либо горячую воду, определить состав моечного средства).

6. Выполнить процесс мойки объекта ремонта, оценить достигнутый результат по чистоте поверхности методом протирания и сравнить с требованиями.

7. Сделать заключение о достаточности чистоты поверхности для выполнения последующих операций ремонта или восстановления.

8. Оформить и защитить отчет.

Содержание отчета

1. Наименование и цель работы.

2. Оснащение рабочего места.

3. Основные положения по охране труда.

4. Общие сведения о видах и характеристиках загрязнений, методах мойки, моечных средствах, устройстве и режимах работы моечной машины Керхер HD 5/12 C, HD 5/12 CX и комплекта адаптеров.

5. Обоснование основных параметров, включая давление, тип струи, температуру, состав моечного раствора.

6. Результаты оценки количества остаточных загрязнений поверхности.

7. Выводы.

Лабораторная работа № 2

ДЕФЕКТАЦИЯ БЛОКА ЦИЛИНДРОВ ДВИГАТЕЛЯ

Цель работы: закрепить теоретические знания и получить практические навыки в контроле соответствия техническим условиям и принятии решения по выбраковке либо восстановлению корпусных деталей автомобилей.

Студент должен знать: назначение и материал детали; технологию изготовления; прочностные и физико-механические характеристики; технические условия на дефектацию; условия работы детали в агрегате; характерные дефекты и места их локализации; методы выявления дефектов и их характеристики; техническую характеристику, устройство и правила безопасной эксплуатации технического оснащения рабочего места.

Задание

1. Изучить конструктивно-технологические особенности блока цилиндров.
2. Ознакомиться с техническими условиями на дефектацию блока цилиндров.
3. На основании ТУ и условий работы конструктивных элементов детали при эксплуатации двигателя определить виды дефектов и ожидаемый характер износа рабочих поверхностей блока цилиндров.
4. Изучить назначение, техническую характеристику и устройство измерительных приборов и иного технического оснащения рабочего места, а также приемы работы с ними.
5. Настроить приборы для измерения износов и деформаций блока цилиндров.
6. Выполнить замеры и необходимые расчеты размеров и отклонений.
7. Провести анализ результатов измерений, сравнив их с параметрами, приведенными в ТУ на блок цилиндров. Дать заключение о выбраковке детали или возможных методах восстановления изношенных (деформированных) поверхностей блока цилиндров.
8. Оформить отчет по лабораторной работе.

Оснащение рабочего места

1. Слесарный верстак с подставкой для блока цилиндров.
2. Объект ремонта (V-образный блок цилиндров).
3. Светильник переносной для осмотра блока цилиндров.
4. Нутромеры индикаторные электронные повышенной точности с диапазоном измерений 6–450 мм и точностью 0,001/0,002 мм.
5. Микрометры типа МК (ГОСТ 6507-90) с пределами измерений 75–100 и 100–125 мм для настройки индикаторного нутромера.
6. Штангенциркуль электронный с пределами измерений 0–250 мм.
7. Динамометрический ключ для затягивания гаек и болтов крышек коренных подшипников.
8. Специальное индикаторное приспособление с рычажной измерительной системой для проверки несоосности гнезд под вкладыши коренных подшипников.
9. Приспособление индикаторное для проверки перпендикулярности осей цилиндров к оси коленчатого вала.
10. Приспособление для контроля межосевого расстояния постелей распределительного и коленчатого валов.
11. Технические условия на дефектацию блоков цилиндров.

Охрана труда

1. При работе с электрооборудованием следует руководствоваться ТКП 181-2009 «Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей».
2. К дефектовочному участку допускаются лица, прошедшие инструктаж по указанным видам работ и безопасным методам ведения работ.
3. Спецдежда дефектовщика должна быть прочной, чистой и плотно облегают тело. Во время работы она должна быть застегнута. Манжеты допускается завязывать завязками, концы которых убирают.
4. Оборудование, на котором дефектовщик производит работы, должно занимать устойчивое положение и содержаться в чистоте.
5. На рабочем месте и вокруг него не должны находиться посторонние предметы.
6. Оборудование должно соответствовать требованиям безопасности в течение всего срока службы.

Теоретические сведения

Блок цилиндров двигателя является сложной корпусной деталью, от точности размеров и взаимного расположения рабочих поверхностей которой зависит работоспособность двигателя в целом.

Блоки цилиндров автомобильных двигателей изготавливают из серого чугуна марки СЧ 18-36 (у двигателей ЗИЛ-130) и СЧ 21-44 (у двигателей К-740), специального легированного чугуна у двигателей ЯМЗ-236 (рис. 2.1) и алюминиевого сплава марки АЛ-4 (у двигателей ЗМЗ-53 и ЗМЗ-24). Твердость чугунных блоков НВ 170–241 (в зависимости от марки чугуна), а блоков из алюминиевого сплава – НВ 70. Крышки коренных подшипников в процессе ремонта с блоками не разукomплектовываются.

Основными дефектами блоков цилиндров, поступающих в капитальный ремонт, являются трещины, обломы и пробоины; забитость, срыв и износ резьбы в отверстиях под болты, шпильки и пробки; износ и деформация посадочных отверстий под гильзы цилиндров; износ гнезд под вкладыши коренных подшипников и их несоосность; износ отверстий под втулки распределительного вала и толкатели и др.

Возможность восстановления блоков цилиндров в зависимости от характера дефектов, их расположения и размеров рабочих поверхностей регламентируется техническими условиями на капитальный ремонт автомобилей.

Различного рода трещины устраняют заваркой специальными электродами (МНЧ-1, ОЗЧ-1, ЦЧ-3, ЦЧ-4 и др.) или клеевыми композициями на базе эпоксидных смол. Заварку трещин в блоках цилиндров из алюминиевых сплавов осуществляют аргонодуговым способом с присадочной проволокой из алюминиевого сплава марки АК.

При сверхдопустимой величине износа посадочных поверхностей под гильзы цилиндров блоки цилиндров некоторых двигателей (ЗИЛ-130, ЯМЗ-236) бракуют. На некоторых заводах эти поверхности у двигателя ЗМЗ-53 восстанавливают наплавкой с последующей механической обработкой или нанесением эпоксидной композиции. Износ посадочных поясков под гильзы восстанавливают также гальваническим натиранием. После ремонта овальность и конусность посадочных отверстий под гильзы не должна превышать 0,02 мм. Допустимое отклонение от перпендикулярности оси посадочных отвер-

стей под гильзы цилиндров относительно общей оси гнезд под вкладыши коренных подшипников не более 0,06 мм на длине 100 мм.

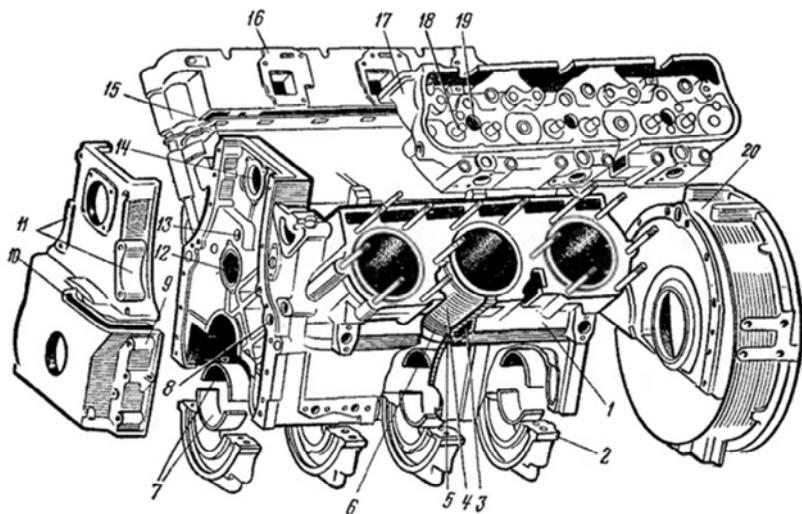


Рис. 2.1. Блок и головки цилиндров двигателя ЯМЗ-236:

- 1 – блок цилиндров; 2 – крышки коренных подшипников;
- 3 – рубашка охлаждения блока цилиндров; 4 – гильза цилиндра;
- 5 – основная масляная магистраль; 6 – уплотнительное кольцо;
- 7 – вкладыши коренных подшипников; 8 – канал для поступления охлаждающей жидкости в блок цилиндров; 9 – крышка распределительных шестерен; 10 – полость для поступления охлаждающей жидкости от водяного насоса в блок цилиндров двигателя;
- 11 – площадка для крепления кронштейна передней опоры двигателя;
- 12 – втулка распределительного вала; 13 – втулка промежуточного вала привода клапанов; 14 – отверстие для установки шарикового подшипника вала привода топливного насоса высокого давления;
- 15 – прокладка головки цилиндров; 16 – головка правого ряда цилиндров;
- 17 – головка левого ряда цилиндров; 18 – втулка клапана;
- 19 – отверстие для установки форсунки; 20 – картер маховика

В процессе эксплуатации под действием ударных нагрузок и корrobления блока, а также вследствие старения материала и тепловых воздействий происходит износ и нарушение соосности гнезд под вкладыши коренных подшипников.

Изношенные и деформированные постели под вкладыши коренных подшипников восстанавливают расточкой в линию под номи-

нальный размер, предварительно обработав стыковую поверхность крышек (фрезерованием или шлифованием) на величину 0,3–0,5 мм. Для обеспечения межцентрового расстояния между осями коленчатого и распределительного валов расточку гнезд коренных подшипников целесообразно вести одновременно с расточкой втулок распределительного вала на специальном двухшпиндельном горизонтально-расточном станке модели 11А774К.

Незначительная несоосность гнезд под вкладыши коренных подшипников может быть устранена хонингованием специальными головками на вертикально-хонинговальном станке. Предельно допустимая несоосность расточенных гнезд не должна превышать 0,02 мм на длине блока.

Отремонтированные блоки цилиндров подвергают гидравлическому испытанию на герметичность под давлением 0,3–0,4 МПа (3–4 кгс/см²) в течение 2–3 минут.

Возможные дефекты блока цилиндров двигателя автомобиля ЗИЛ-130 приведены на рис. 2.2., технические условия на дефектацию – в табл. 2.1

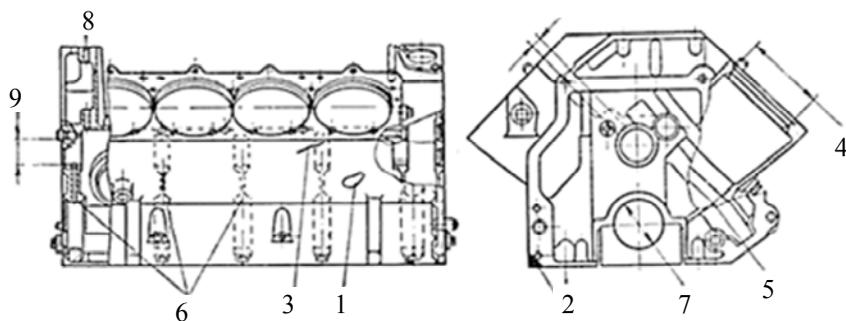


Рис. 2.2. Возможные дефекты блоков цилиндров двигателей мод. ЗИЛ-508.10:

- 1 – пробоины на блоке; 2 – обломы на блоке; 3 – трещины на блоке;
- 4 – износ верхнего посадочного отверстия под гильзу;
- 5 – износ нижнего посадочного отверстия под гильзу;
- 6 – несоосность гнезд вкладышей коренных подшипников;
- 7 – деформация или износ гнезд вкладышей коренных подшипников;
- 8 – износ отверстий под толкатели; 9 – износ отверстий во втулках под шейки распределительного вала

Таблица 2.1

Карта технических требований на дефектацию блоков
цилиндров двигателей мод. ЗИЛ-508.10

Наименование дефекта	Способ выявления дефекта и средства контроля	Размеры, мм			Заключение
		Номинальный	Допустимый без ремонта	Допустимый для ремонта	
1	2	3	4	5	6
Пробоины на блоке	Осмотр	-	-	Подлежащие ремонту	Ремонтировать. Постановка заплат. Браковать при пробоинах, не подлежащих ремонту
Обломы на блоке	Осмотр	-	-	Подлежащие ремонту	Ремонтировать. Наплавка. Приварка. Браковать при обломах, не подлежащих ремонту
Трещины на блоке	Осмотр. Испытание водой под давлением 0,4 МПа	-	-	Подлежащие ремонту	Ремонтировать. Заварка. Заделка эпоксидными смолами. Браковать при трещинах, не подлежащих ремонту
Износ верхнего посадочного отверстия под гильзу	Нутромер индикаторный 100–150 мм	$125^{+0,04}$	125,06	-	Браковать при размере более 125,06 мм
Износ нижнего посадочного отверстия под гильзу	Нутромер индикаторный 100–150 мм	$122^{+0,04}$	122,06	-	Браковать при размере более 122,06 мм
Несоосность гнезд вкладышей коренных подшипников	Индикаторное приспособление	0,02	0,02	Более 0,05	Ремонтировать. Растачивание гнезд до номинального размера
Деформация или износ гнезд вкладышей коренных подшипников	Нутромер индикаторный 50–100 мм	$79^{+0,012}$	-	Более 79,512	Ремонтировать. Растачивание гнезд до номинального размера

Окончание табл. 2.1

1	2	3	4	5	6
Износ отверстий под толкатели	Пробка 25,04 мм или нутромер индикаторный 18–35 мм	$25^{+0,023}$	25,04	Более 25,04	Ремонтировать. Развертывание до ремонтного размера или постановка втулок
Износ отверстий во втулках под шейки распределительного вала: передняя и промежуточные втулки, задняя втулка	Нутромеры индикаторные 50–100 мм и 35–50 мм	$51^{+0,07}_{+0,03}$ $45^{+0,07}_{+0,03}$	–	Более 51,07 Более 45,06	Ремонтировать. Замена втулок с последующим растачиванием до номинального или ремонтного размеров
Резьбы: М8, М10, М12, М14, М16, М22, КЗ / 4", КЗ/8"					Ремонтировать при срыве резьбы более 2-х ниток. Нарезка резьбы ремонтного размера

Примечание: твердость поверхности НВ 170–229. Материал – чугун серый СЧ 18-36. Деталь – блок цилиндров в сборе. № детали: 508.10-1701030.

Порядок выполнения работы

1. Изучить технику безопасности при выполнении лабораторной работы и расписаться в журнале инструктажа.

2. Выполнить дефектацию путем внешнего осмотра.

Установить блок цилиндров на слесарном верстаке в подставку и произвести его внешний осмотр с помощью переносной лампы. Характер, расположение и размеры обнаруженных повреждений и других дефектов записать в рабочую тетрадь.

3. Измерить диаметры верхних и нижних поясков посадочных поверхностей под гильзы цилиндров.

Настроить индикаторный нутромер и произвести замеры диаметров верхнего и нижнего посадочных поясков под гильзы в двух направлениях: параллельно и перпендикулярно к оси коленчатого вала. Результаты измерений записать в табл. 2.2.

Таблица 2.2

**Результаты замеров посадочных поверхностей
под гильзы цилиндров**

Поверхность измерений	Направление замеров	№ цилиндра							
		1	2	3	4	5	6	7	8
Верхний посадочный поясок под гильзу	Параллельно оси коленчатого вала								
	Перпендикулярно оси коленчатого вала								
	Овальность								
Нижний посадочный поясок под гильзу	Параллельно оси коленчатого вала								
	Перпендикулярно оси коленчатого вала								
	Овальность								

4. Определить несоосности гнезд под вкладыши коренных подшипников.

При помощи предварительно настроенного индикаторного нутромера произвести измерения гнезд под вкладыши коренных подшипников в вертикальной и горизонтальной плоскостях блока цилиндров.

Для проверки несоосности гнезд под вкладыши коренных подшипников применяется специальное приспособление (рис. 2.3), которое состоит из скалки 4 с рычажной измерительной системой (7, 9, 10, 11) для проверки каждой постели контролируемого блока; двух втулок 3 и 6 для установки и фиксации приспособления в блоке; трех индикаторов 13, установленных в корпусе 2 головки с предохранительным кожухом 12.

Постоянный контакт измерительных плунжеров 7 с постелями блока 8 обеспечивается с помощью пружин 1. Принцип работы приспособления заключается в определении отклонений промежуточных постелей блока от номинальных значений при помощи индикаторов 13, настроенных по эталону 5.

Подготовка приспособления к работе и порядок измерений:

– проверить рычажную измерительную систему: измерительные плунжеры должны перемещаться свободно без перекосов и заклинивания;

- произвести настройку приспособления: наложить на скалку 4 шаблон 5 и установить показания всех индикаторов 13 на нуль;
- проверить затяжку болтов крепления крышек коренных подшипников. Момент затяжки должен быть 110–130 Н · м;
- установить приспособление в блок и при помощи втулок 3 и 6 центрировать скалку по крайним опорам коленчатого вала, при этом измерительные плунжеры 7 должны находиться соответственно во 2, 3 и 4-й опорах, но не должны попасть в их масляные каналы;
- вращая приспособление за ручку 14, зафиксировать отклонения от соосности 2, 3 и 4-й постелей;
- результаты замеров записать в табл. 2.3;
- снять приспособление с блока и уложить его в футляр.

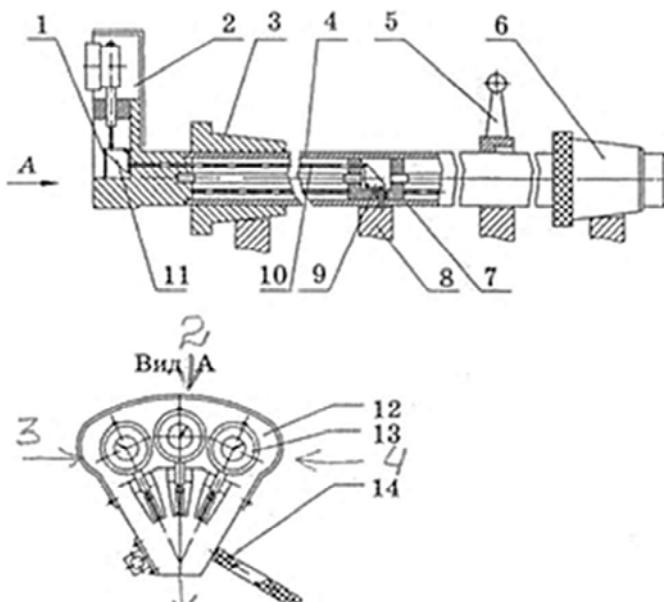


Рис. 2.3. Специальное индикаторное приспособление:
 1 – пружина; 2 – корпус; 3, 6 – втулки для установки и фиксации приспособления в блоке цилиндров; 4 – труба-скалка с рычажной измерительной системой (7, 9, 10, 11);
 5 – шаблон (калибр) для настройки; 7 – измерительные плунжеры;
 8 – постели коренных подшипников блока; 12 – предохранительный кожух;
 13 – 3 индикатора часового типа, установленные в головки;
 14 – рукоятка поворота приспособления

Таблица 2.3

Результаты замеров несоосности гнезд
под вкладыши коренных подшипников

Полость измерений	Расположение точек регистрации отклонений	№ гнезд коренных подшипников				
		1	2	3	4	5
Вертикальная	В блоке					
	В крышке					
Горизонтальная	Справа					
	Слева					

5. Измерить отклонение перпендикулярности осей цилиндров к оси коленчатого вала двигателя.

Для проверки перпендикулярности осей цилиндров к оси коленчатого вала применяется индикаторное приспособление (рис. 2.4), измерительное устройство которого представляет собой пустотелый стержень 6 с установочными дисками 4 и 7.

Внутри стержня перемещается плунжер 5, имеющий на одном конце измерительный флажок 3, который в процессе измерений контактирует со скалкой 1. С торцом другого конца плунжера находится в контакте измерительный стержень индикатора 10. Надежность контакта измерительного флажка 3 со скалкой 1 обеспечивается пружиной 8, установленной между опорной шайбой плунжера и неподвижной частью измерительного устройства.

Установочная скалка включает в себя цилиндрическую пустотелую скалку 1 и две конусные втулки 2, которые вставляются в опоры коренных подшипников коленчатого вала.

Принцип работы приспособления заключается в определении разности показаний индикатора в двух положениях измерительного флажка при его контакте с верхней образующей скалки 1. Поворот измерительного флажка с одного положения в другое (на 180°) осуществляется рукояткой 9.

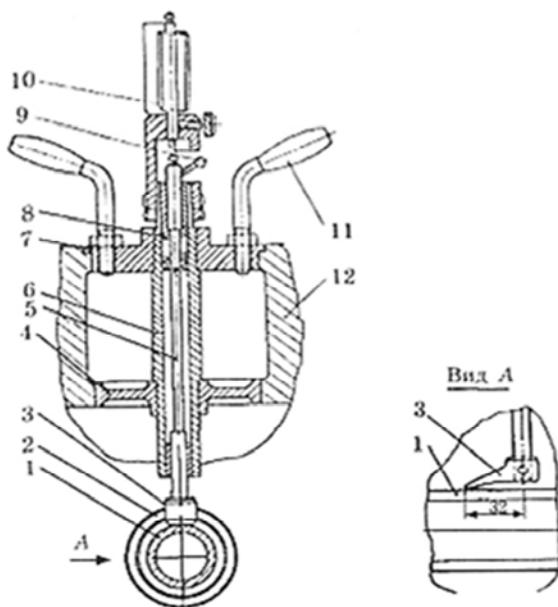


Рис. 2.4. Приспособление для проверки перпендикулярности оси цилиндра к оси коленчатого вала двигателя:

- 1 – скалка (закладная деталь в блоке цилиндров); 2 – конусная втулка;
 3 – измерительный флажок; 4, 7 – диски установки на центрирующие пояски;
 5 – плунжер; 6 – корпус измерительного устройства; 8 – пружина;
 9 – рукоятка; 10 – индикатор; 11 – ручки; 12 – блок цилиндров двигателя

Подготовка приспособления к работе и порядок измерений:

- установить измерительное устройство при помощи установочных дисков 4 и 7 на место посадки гильзы в блоке цилиндров, при этом прорезь под рукоятку 9 должна быть параллельна оси скалки;
- установить скалку с конусными втулками в отверстия под вкладыши коренных подшипников коленчатого вала;
- повернуть плунжер за рукоятку 9 до контакта измерительного флажка 3 с верхней образующей скалки и установить шкалу индикатора на нуль. Повернуть плунжер 5 рукояткой на 180°, обеспечив контакт флажка с верхней образующей скалки, снять показания индикатора и данные записать в табл. 2.4. Повторить измерения, последовательно устанавливая приспособление во все оставшиеся цилиндры;
- снять приспособление с блока цилиндров, протереть рабочие поверхности и уложить его в футляр.

Таблица 2.4

Результаты замеров перпендикулярности
осей цилиндров к оси коленчатого вала

№ цилиндра	1	2	3	4	5	6	7	8
Отклонение стрелки индикатора								

6. Определить межосевое расстояние постелей распределительного и коленчатого валов.

Измерение межосевого расстояния постелей распределительного и коленчатого валов производится при помощи приспособления (рис. 2.5), состоящего из установочной скалки 4, на конце которой закреплен кронштейн 2 с двумя индикаторами 7 и 11. На скалку надеты две конусные втулки 3 и 5, которые устанавливаются в отверстия под втулки распределительного вала и обеспечивают центрирование скалки и ее свободное вращательно-поступательное движение. Настройка индикаторов производится по прилагаемому к приспособлению эталону 10.

Принцип работы приспособления заключается в определении показаний верхнего и нижнего индикаторов после предварительной установки их на нуль с помощью эталона.

Подготовка приспособления к работе и порядок измерений:

- установить индикаторы в держатель 9 и закрепить их винтом 8 по эталону, обеспечив величину натяга 2–3 мм. При настройке индикаторов должна быть обеспечена плотность контакта цилиндрической поверхности эталона с тремя выступами в зеве кронштейна;

- установить приспособление при помощи установочной скалки 4 и конусных втулок 3 и 5 в отверстие под втулки распределительного вала;

- при помощи центрирующих конусных втулок установить специальную измерительную скалку по крайним опорам коленчатого вала;

- за рукоятку 1 подвести приспособление к измерительной скалке и зафиксировать отклонения стрелок верхнего и нижнего индикаторов. При этом отклонение стрелки верхнего индикатора от нулевого положения против часовой стрелки записывается со знаком «←» и свидетельствует об увеличении межосевого расстояния, а по часовой стрелке – со знаком «→» (уменьшение данного расстояния).

Отклонение нижнего индикатора по часовой стрелке – увеличение, а против – уменьшение межосевого расстояния;

– произвести замеры со стороны переднего и заднего торцов блока и результаты записать в табл. 2.5;

– снять индикаторное приспособление с блока цилиндров, протереть рабочие поверхности и уложить в футляр.

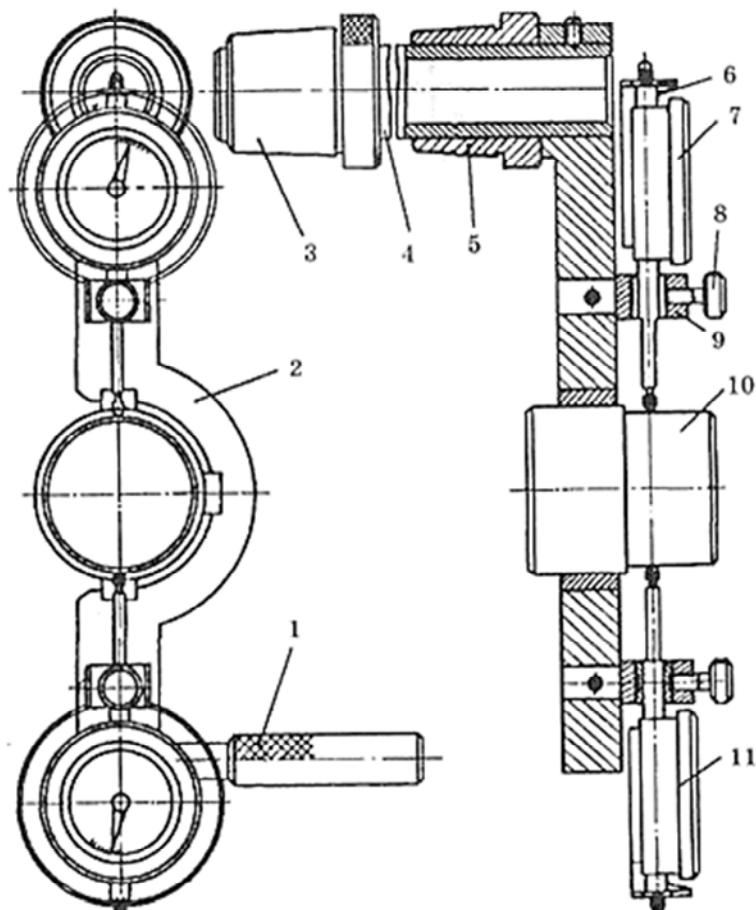


Рис. 2.5. Приспособление для контроля межосевого расстояния постелей распределительного и коленчатого валов:

1 – рукоятка; 2 – кронштейн; 3, 5 – установочные втулки; 4 – скалка; 6 – кожух; 7, 11 – индикаторы; 8 – винт; 9 – держатель; 10 – эталон

Таблица 2.5

**Результаты замеров отклонений межосевого расстояния
постелей распределительного и коленчатого валов**

Место измерения	Показания индикаторов, мм		Межосевое расстояние, мм
	верхнего	нижнего	
Со стороны передней торцевой поверхности блока			
Со стороны задней торцевой поверхности блока			

7. Сравнить результаты замеров с требованиями технических условий (табл. 2.6) и по ним сделать заключение о возможности восстановления или о выбраковке и утилизации по каждому контролирурованному параметру и по блоку в целом.

Таблица 2.6

**Технические условия на V-образный
блок цилиндров двигателя автомобиля ЗИЛ-131**

Дефект	Способ выявления дефекта и измерительные инструменты	Размеры, мм			Заключение
		номинальный	допустимый без восстановления	допустимый для восстановления	
1	2	3	4	5	6
Пробоины и обломы	Осмотр	–	–	–	Восстанавливать. Постановка заплат, приварка. Браковать при пробоинах и обломах, не подлежащих ремонту
Трещины	Осмотр. Гидроиспытание под давлением 0,3–0,4 МПа	–	–	–	Восстанавливать. Заварка или заделка клеевыми композициями. Браковать при трещинах, не подлежащих ремонту

Продолжение табл. 2.6

1	2	3	4	5	6
Износ верхнего посадочного отверстия под гильзу	Нутромер индикаторный 100–150 мм	125 ^{+0,065}	125 ^{+0,11} _{-0,02}	–	Браковать при размере более 125,11 мм и менее 124,98 мм
Износ нижнего посадочного отверстия под гильзу	Нутромер индикаторный 100–150 мм	122 ^{+0,063}	122 ^{+0,09} _{-0,02}	–	Браковать при размере более 122,09 мм и менее 121,98 мм
Деформация или износ гнезд под вкладыши коренных подшипников	Нутромер индикаторный 50–100 мм	79,5 ^{+0,025}	79,54	более 79,54	Восстанавливать. Растачивание гнезд до номинального размера после предварительной обработки стыковочной поверхности на величину 0,3–0,5 мм
Несоосность гнезд под вкладыши коренных подшипников	Индикаторное приспособление	Не более 0,02	0,05	–	Восстанавливать. Растачивание или хонингование гнезд до номинального размера после предварительной обработки стыковочной поверхности крышек на величину 0,3–0,5 мм
Износ отверстий под толкатели	Пробка 25,04 или нутромер индикаторный 18–35 мм	25 ^{+0,023}	25,04	Более 25,04	Восстанавливать. Развертывание до ремонтного размера или постановка втулок
Износ отверстий под втулки распределительного вала: переднее и промежуточное отверстия, заднее отверстие	Нутромер индикаторный 50–100 мм	55,5 ^{+0,03}	55,56	Более 55,56	Восстанавливать. Растачивание до ремонтного размера
	Нутромер индикаторный 35–50 мм	49,5 ^{+0,027}	49,56	Более 49,56	
Неперпендикулярность осей отверстий под гильзы к оси коленчатого вала	Индикаторное приспособление	–	0,06 на длине 100 мм	–	Браковать при неперпендикулярности, превышающей допустимую величину

Окончание табл. 2.6

1	2	3	4	5	6
Межосевое расстояние постелей распределительного и коленчатого валов	Индикаторное приспособление	130,2 ^{+0,016}	130,216 ^{+0,025}	–	Восстанавливать. Одновременное растачивание гнезд под вкладыши коренных подшипников и втулок распределительного вала
Непараллельность осей коленчатого и распределительного валов	Индикаторное приспособление	–	0,06 на всей длине	–	Восстанавливать. Одновременное растачивание гнезд под вкладыши коренных подшипников и втулок распределительного вала

Содержание отчета

1. Наименование и цель работы.
2. Оснащение рабочего места.
3. Основные положения по охране труда.
4. Общие сведения о блоке цилиндров, его дефектах и возможности восстановления.
5. Схемы приборов и таблицы с результатами измерений.
6. Сравнение результатов измерений и расчетов с показателями в технологических условиях.
7. Анализ полученных результатов и заключение о соответствии техническим условиям отдельных параметров и блока в целом.
8. Заключение о годности детали, возможности восстановления поверхностей с предложением способов устранения выявленных дефектов или о необходимости выбраковки и утилизации.

Лабораторная работа № 3

ДЕФЕКТАЦИЯ ГИЛЬЗЫ ЦИЛИНДРА ДВИГАТЕЛЯ

Цель работы: закрепить теоретические знания и получить практические навыки в контроле соответствия техническим условиям гильзы цилиндра и принятии решения по выбраковке либо восстановлению детали.

Студент должен знать: материал гильзы цилиндра и его физико-механические характеристики; конструктивные элементы, их назначения и условия работы в двигателе внутреннего сгорания; характерные дефекты и места их локализации; методы выявления дефектов и их характеристики; технические условия на блок цилиндров; техническую характеристику и правила эксплуатации оборудования и инструментария рабочего места.

Задание

1. Изучить конструктивно-технологические особенности гильзы цилиндра.
2. Ознакомиться с техническими условиями на дефектацию гильзы цилиндра.
3. На основании ТУ и условий эксплуатации детали определить виды дефектов и ожидаемый характер износа различных участков внутренней поверхности гильзы цилиндра.
4. Изучить назначение, техническую характеристику и устройство измерительных приборов и иного технического оснащения рабочего места, а также приемы работы с ними.
5. Настроить приборы для измерения износов и деформаций гильзы цилиндра.
6. Выполнить замеры и необходимые расчеты размеров и отклонений.
7. Провести анализ результатов измерений и расчетов, сравнив их с параметрами, приведенными в ТУ на деталь, дать заключение о выбраковке детали или возможности восстановления и рассмотреть допустимые методы восстановления изношенной поверхности.
8. Оформить отчет по лабораторной работе.

Оснащение рабочего места

1. Слесарный верстак с подставкой для гильзы цилиндра.
2. Гильзы цилиндров (2 варианта минимум).
3. Светильник переносной.
4. Нутромеры индикаторные электронные повышенной точности со сменными наконечниками, обеспечивающими пределы измерений 50–100 или 100–160 мм в зависимости от диаметра измеряемых цилиндров, и точностью 0,001/0,002 мм.
5. Микрометры типа МК (ГОСТ 6507-90) с пределами измерений 75–100 и 100–125 мм для настройки индикаторного нутромера.
6. Штангенциркуль электронный с пределами измерений 0–250 мм.
7. Масштабная линейка длиной 300 мм для определения высоты цилиндра и разметки сечений.
8. Технические условия на дефектацию цилиндров.
9. Таблица ремонтных размеров.
10. Бензин марки «Калоша» (БР-1 ГОСТ 25100-95).
11. Кусок мела.
12. Обтирочный материал.

Охрана труда

1. Техническое оснащение рабочего места (стенды, устройства, контрольно-измерительные приборы, приспособления, инструменты и др.) должно находиться в исправном (рабочем) состоянии.
2. Электрооборудование должно иметь защитное заземление (зануление).
3. Освещение рабочего места должно соответствовать нормам, установленным для помещений, где проводятся точные измерения.
4. При работе с электрооборудованием следует руководствоваться ТКП 181-2009 «Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей».
5. К дефектации допускаются лица, прошедшие инструктаж по указанным видам работ и безопасным методам ведения работ.
6. Запрещается выполнять на рабочем месте не предусмотренные настоящей лабораторной работой операции.
7. При выполнении измерений гильза цилиндра должна занимать устойчивое положение в подставке на слесарном верстаке.

Теоретические сведения

Гильзы цилиндров двигателей ЯМЗ и КамАЗ изготавливают из специального чугуна. Их рабочая поверхность закаливается на глубину 1–2 мм токами высокой частоты до HRC 42–50 и хонингуется 2–3 хонами с брусками, причем размер зерна каждого последующего в 10–20 раз меньше, чем у предыдущего. Существуют 4 размерные группы гильз цилиндров двигателя ЯМЗ-236 (табл. 3.1).

Таблица 3.1

Размерные группы гильз цилиндров двигателя ЯМЗ-236

Группа	Внутренний диаметр гильзы в мм	Наружный диаметр поршня (нижнего пояса) в мм	Группа	Внутренний диаметр гильзы в мм	Наружный диаметр поршня (нижнего пояса) в мм
AAAA	$130^{+0,040}_{+0,030}$	$129,80^{+0,040}_{+0,030}$	AA	$130^{+0,020}_{+0,010}$	$129,80^{+0,020}_{+0,010}$
AAA	$130^{+0,030}_{+0,020}$	$129,80^{+0,030}_{+0,020}$	A	$130^{+0,010}$	$129,80^{+0,010}$

Гильзы цилиндров двигателей ЗМЗ-53 изготавливают из серого чугуна СЧ 22-44 (НВ 156–197). Гильзы этих двигателей имеют в верхней части малые вставки из легированного чугуна.

Гильзы цилиндров для двигателей ЗИЛ изготавливают из серого чугуна твердостью НВ 179–229 марки СЧ 18-36. Рабочая поверхность гильзы цилиндра подвергается закалке токами высокой частоты для получения твердости HRC 42–50.

В верхней части гильза цилиндров ЗИЛ-130 имеет специальные вставки из износостойкого чугуна. В нижней части гильзы уплотняются резиновыми колечками. Верхний фланец прижат головкой цилиндров, а между ними установлена прокладка.

Размеры группы гильз цилиндров двигателя автомобиля ЗИЛ приведены в табл. 3.2, основные размеры цилиндров двигателей популярных моделей легковых автомобилей — в табл. 3.3.

Таблица 3.2

Группы номинальных размеров гильз цилиндров
двигателя автомобиля ЗИЛ

Группа	Диаметр гильзы, мм
А	100,06–100,05
АА	100,05–100,04
Б	100,04–100,03
ББ	100,03–100,02
В	100,02–100,01
ВВ	100,01–100,00

Таблица 3.3

Основные размеры цилиндров двигателей
популярных моделей легковых автомобилей

Модель автомобиля	Внутренний диаметр гильзы d , мм	Наружный диаметр гильзы D , мм	Высота гильзы H , мм	Соотношение диаметра бурга ($D1$) и толщины бурга (e) $D1/e$, мм
Mercedes-Benz M	81	84	158	85/5
Mercedes-Benz E320	87	90	158,4	92/4,7
Mercedes-Benz W202	87	90	148,6	92,5/4,7
Mercedes-Benz S	90,9	94	158,4	96/4,7
Mercedes-Benz ML320	83	88,6	141	97/4,7
Opel Vectra	82,5	85,5	142	87,5/4,5
Peugeot 1007	75	79,5	135,4	×
Audi A4	79,5	82,5	152	85,5/4,7
Honda Civic	84,5	88	158,5	×
Renault Duster	76	79,1	142	81/5

Износ цилиндров двигателей проявляется как в увеличении диаметра, главным образом в области движения поршневых колец, так и в искажении первоначальной геометрической формы. Допустимые отклонения приведены в табл. 3.4, строение гильзы – на рис. 3.1.

Таблица 3.4

Допустимые отклонения размера, формы и расположения поверхности гильзы в зависимости от внутреннего диаметра согласно ГОСТ 8.051

1	Внутренний диаметр D , мм	$D \leq 100$	$100 < D \leq 120$	$120 < D$
	а) допуск для двигателей с принудительным зажиганием (далее – бензиновые двигатели), мм	0,060	0,060	–
	б) допуск для двигателей с воспламенением от сжатия (далее – дизели), мм	0,030	0,050	0,060
2	Допуск крутости внутреннего цилиндра A , мм	0,010	0,012	0,012
3	Допуск профиля продольного сечения внутреннего цилиндра A , мм	0,010	0,012	0,012
4	Допуск соосности наружной поверхности D и внутреннего цилиндра A в диаметральном выражении, мм	0,050	0,070	0,070
5	Допуск размера h от верхнего торца B до опорной поверхности E , мм	0,020	0,030	0,050

Примечания:

1) допускается увеличение допуска поз.5 до 0,070 мм для гильз цилиндров дизелей;

2) допускается увеличение полей допусков поз.2 и поз.3 вне зоны работы поршневых колец. Увеличение поля допуска и пределы зоны, в которой оно допускается, устанавливаются в КД;

3) допускается гильзы цилиндров дизелей с внутренним диаметром $D = 130$ мм изготавливать с допуском поз.1б до 0,084 мм и сортировать их на размерные группы по наименьшему значению внутреннего диаметра через 0,02 мм. Порядок сортировки на размерные группы устанавливаются в КД.

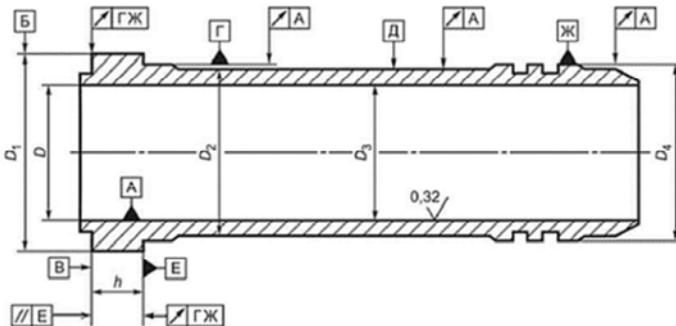


Рис. 3.1. Гильза цилиндра двигателя внутреннего сгорания

По высоте поверхность цилиндра изнашивается на конус, а в плоскости, перпендикулярной оси цилиндра, – на овал. Причиной неравномерного износа цилиндров по высоте может быть повышенное давление поршневых колец (особенно верхнего) на стенки цилиндра под действием давления газов вблизи ВМТ, более высокая температура в верхней части цилиндра, ухудшающая условия смазки, и действие газовой коррозии. Причиной овальности может быть более высокое давление поршня на стенки цилиндра в плоскости качания шатуна.

С увеличением износа гильз цилиндров уменьшается мощность двигателя и увеличивается расход топлива и смазки. Поэтому износ может быть допущен только до определенной величины, после чего гильзы необходимо восстанавливать.

Основным способом восстановления гильз цилиндров автотракторных двигателей при износе их рабочих поверхностей является расточка изношенной поверхности под увеличенный (ремонтный) размер с последующей доводкой хонингованием. Применяется также восстановление гильз армированием расточенного отверстия гильзы калиброванной лентой из стали 65Г или У10А.

В процессе расточки и хонингования устраняются искажения геометрической формы цилиндра и достигается необходимое качество поверхности.

Шероховатость рабочей поверхности окончательно обработанной гильзы должна быть не более $Ra = 0,32$ мкм.

Порядок выполнения работы

1. Тщательно протереть внутреннюю поверхность гильзы салфеткой, смоченной бензином марки «Калоша» (БР-1 ГОСТ 25100-95) и просушить.

2. Масштабной линейкой измерить высоту цилиндра и согласно схеме (рис. 3.2) мелом разметить на внутренней поверхности гильзы 7–8 сечений, расположенных через 20–25 мм по всей высоте гильзы цилиндра, для замеров диаметра в двух сечениях: перпендикулярном и параллельном оси коленчатого вала.

3. Измерить штангенциркулем диаметр цилиндра по верхней кромке, которая считается не изношенной, для выбора диапазона размеров микрометра, используемого для последующей настройки индикаторного нутромера.

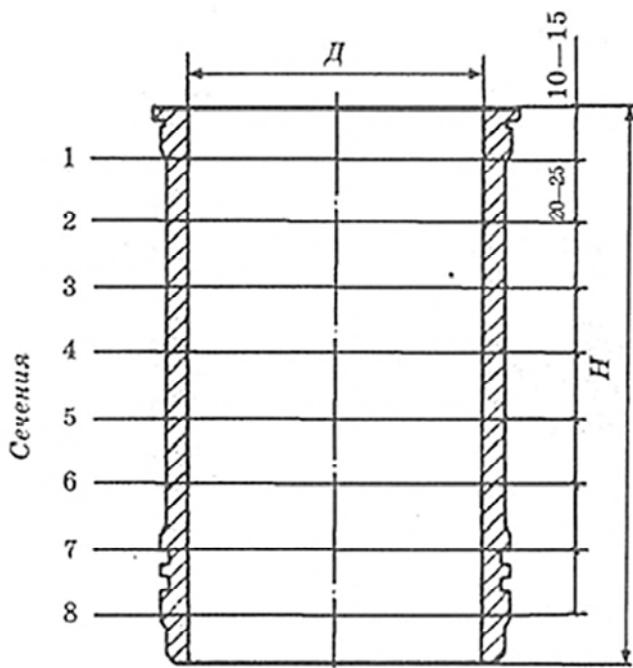


Рис. 3.2. Схема сечений для измерений внутреннего диаметра гильзы цилиндров

4. Настроить индикаторный нутромер на контролируемый размер:

- подобрать соответствующую диаметру цилиндра сменную вставку с конргайкой и вернуть в измерительную систему нутромера;
- настроить микрометр на размер, превышающий номинальный внутренний диаметр гильзы цилиндра на 0,5 мм, и закрепить микрометрический винт стопором;

– установить измерительные штифты нутромера между измерительными поверхностями микрометра (рис. 3.3) и выворачивать (вворачивать) сменную вставку нутромера до тех пор, пока стрелка индикатора не переместится на 40–50 делений.

Это положение стрелки зафиксировать установкой шкалы индикаторной головки на нуль.

5. Настроенный таким образом индикаторный нутромер ввести в измеряемый цилиндр и произвести замер диаметра по верхней кромке (D_2). Результат замера записать.

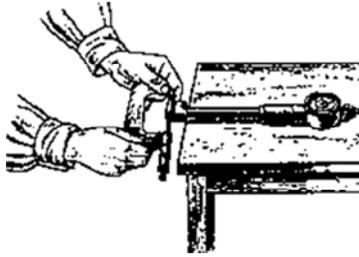


Рис. 3.3. Настройка индикаторного нутромера по микрометру

6. Измерить внутренний диаметр гильзы цилиндра (рис. 3.4) в размеченных сечениях в плоскостях, перпендикулярной и параллельной оси коленчатого вала.

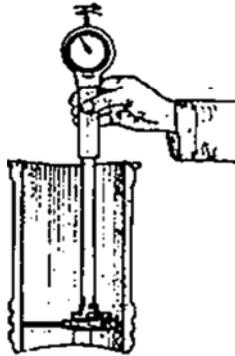


Рис. 3.4. Схема выполнения измерений внутреннего диаметра в размеченных сечениях

Основные размеры гильзы цилиндра двигателя:

- номинальный диаметр гильзы цилиндра $D_{\text{ном}}$ (из ТУ);
- диаметр цилиндра по верхней кромке внутренней поверхности D_2 ;
- диаметр цилиндра в сечении x внутренней поверхности D_x .

Основные рассчитываемые параметры гильзы цилиндра:

- наибольшая овальность;
- наибольшая конусность;
- наибольший износ.

Диаметр гильзы цилиндра измеряют во всех назначенных сечениях в плоскости, перпендикулярной оси коленчатого вала, пере-

мешая нутромер сверху вниз. Затем, повернув его на 90° вокруг своей оси, измеряют диаметр гильзы цилиндра в плоскости, параллельной оси коленчатого вала, перемещая нутромер снизу вверх.

При измерении индикатор необходимо покачивать вокруг основания центрирующего мостика и фиксировать максимальное отклонение стрелки (C), которое соответствует прохождению измерительных штифтов через плоскость, перпендикулярную оси цилиндра. Измерения нужно повторить не менее трех раз и средний результат занести в табл. 3.5.

При перемещении индикаторного нутромера из одного пояса в другой его следует отклонить от вертикального положения, что уменьшает давление измерительного стержня на стенки цилиндра и предотвращает быстрый износ поверхности или ее повреждение.

Для нахождения диаметров по сечениям, определения величины износа и возникших в результате износа овальностей необходимо произвести ряд расчетов, используя данные измерений.

Диаметр гильзы цилиндра по сечению рассчитывается по формуле:

$$D = D_1 - C,$$

где D_1 – размер настройки индикаторного нутромера, мм;

C – отклонение стрелки индикатора, мм.

Формула нахождения наибольшей конусности K_{\max} :

$$K_{\max} = D_{\max} - D_{\min},$$

где D_{\max} и D_{\min} – наибольший и наименьший диаметры цилиндра в одной плоскости (в верхнем и нижнем сечениях), мм.

Формула нахождения наибольшей овальности O_{\max} :

$$O_{\max} = D_{\max}^\circ - D_{\min}^\circ,$$

где D_{\max}° и D_{\min}° – наибольший и наименьший диаметры цилиндра, замеренные в одном сечении, но в разных плоскостях, мм.

Износ рассчитывается по формулам:

$$i_{\perp} = D_{\perp} - D_2,$$

$$i_{\parallel} = D_{\parallel} - D_2,$$

где i_{\perp} и i_{\parallel} – величина износа в перпендикулярной и параллельной плоскостях соответственно, мм;

D_{\perp} и D_{\parallel} – диаметры цилиндра в перпендикулярной и параллельной плоскостях соответственно во всех сечениях, мм;

D_2 – диаметр цилиндра по верхней кромке гильзы, мм.

Все результаты расчетов занести в табл. 3.5.

Таблица 3.5

Результаты измерений внутреннего диаметра гильзы цилиндра

№ цилиндра	№ сечения	Плоскость, перпендикулярная оси коленчатого вала			Плоскость, параллельная оси коленчатого вала		
		Отклонение стрелки индикатора S , мм	Диаметр цилиндра D_{\perp} , мм	Износ i_{\perp} , мм	Отклонение стрелки индикатора S , мм	Диаметр цилиндра D_{\parallel} , мм	Износ i_{\parallel} , мм
1	1						
	2						
	3						
	4						
	5						
	6						
	7						
	8						

7. Построить график величины износа по высоте гильзы цилиндра (пример на рис. 3.5).

По оси абсцисс откладываются в выбранном масштабе расстояния от верхней кромки, по оси ординат – величина износа цилиндра.

Для каждого сечения на график наносятся точки, которые затем соединяются плавной кривой. Построенные кривые дают наглядное представление о характере износа цилиндра и позволяют определять все необходимые показатели.

Так, например, для сечения на расстоянии 40 мм от верхней кромки будем иметь:

i_{\parallel} – абсолютный износ в плоскости, параллельной оси коленчатого вала;

i_{\perp} – абсолютный износ в плоскости, перпендикулярной оси коленчатого вала;

O – овальность цилиндра в данном сечении;

z – припуск, снимаемый при обработке под ремонтный размер;

K_{\parallel} – конусность гильзы в сечении, параллельном оси коленчатого вала;

K_{\perp} – конусность гильзы в сечении, перпендикулярном оси коленчатого вала.

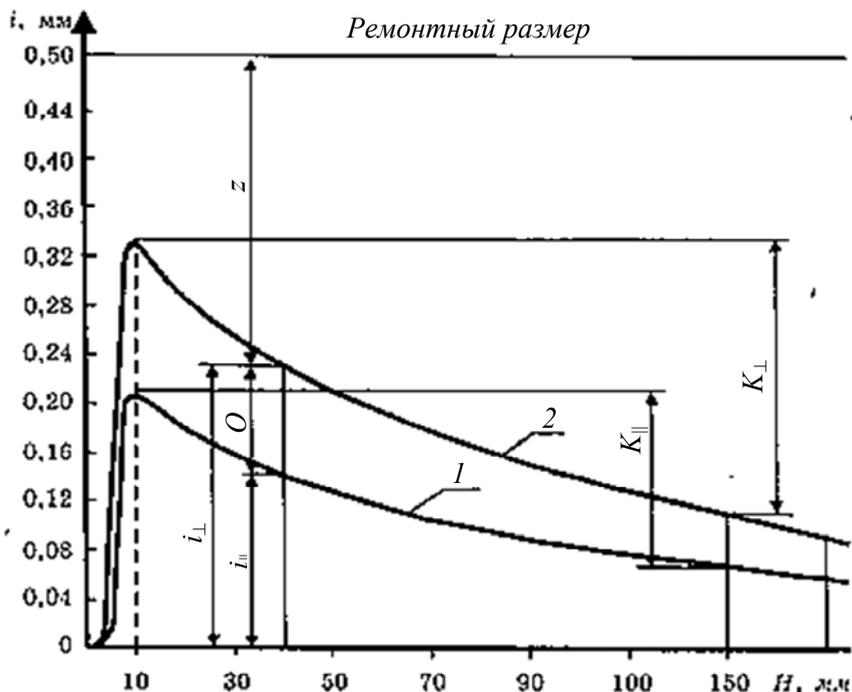


Рис. 3.5. Пример построения графика износа гильзы цилиндра по высоте:

1 – в плоскости, параллельной оси коленчатого вала;

2 – в плоскости, перпендикулярной оси коленчатого вала

8. Из результатов измерений и вычислений (табл. 3.5) и ремонтных размеров цилиндров двигателей (табл. 3.6) дать заключение о возможности восстановления и назначить ремонтный размер, под который следует расточить цилиндр.

Таблица 3.6

Ремонтные размеры цилиндров
автомобильных двигателей

Двигатель	Номинальный диаметр, мм	Ремонтные размеры, мм		
		1	2	3
ММЗ-412	82,0 ^{+0,05}	82,5 ^{+0,05}	83,0 ^{+0,05}	83,5 ^{+0,05}
ВАЗ-2107	76,0 ^{+0,05}	70,2 ^{+0,05}	70,4 ^{+0,05}	76,6 ^{+0,05}
ЗМЗ-402.10 – ЗМЗ-53	92,0 ^{+0,06}	92,5 ^{+0,06}	93,0 ^{+0,06}	93,5 ^{+0,06}
ЗИЛ-130	100,0 ^{+0,06}	100,5 ^{+0,06}	101,0 ^{+0,06}	101,5 ^{+0,06}
ЯМЗ-236	130,0 ^{+0,06}	130,5 ^{+0,06}	–	–
К-740	120,0 ^{+0,03}	–	–	–

9. Сделать заключение по результатам выполненной работы.

10. Оформить и защитить отчет по лабораторной работе.

Содержание отчета

1. Наименование и цель работы.
2. Оснащение рабочего места.
3. Основные положения по охране труда.
4. Общие сведения о детали: материал, термообработка, твердость, условия работы и причины появления дефектов.
5. Содержание работы и последовательность ее выполнения.
6. Таблица результатов измерения гильз цилиндров.
7. Необходимые расчеты размеров и параметров гильз цилиндров в двух плоскостях и трех сечениях.
8. График износа гильз цилиндров по высоте и его анализ.
9. Заключение о степени износа гильз цилиндров и ближайший ремонтный размер, под который необходимо расточить гильзу.

Лабораторная работа № 4

КОНТРОЛЬ ИЗНОСА И ДЕФОРМАЦИЙ КОЛЕНЧАТЫХ ВАЛОВ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Цель работы: закрепить теоретические знания и получить практические навыки в контроле размеров и расчете параметров ответственных поверхностей для оценки степени соответствия коленчатого вала автомобильного двигателя техническим условиям и принятия решения о восстановлении либо выбраковке детали.

Студент должен знать: материалы, используемые для изготовления коленчатых валов; технологию изготовления детали и ее физико-механические характеристики; конструктивные элементы, их назначения и условия эксплуатации; типичные повреждения и дефекты и места их локализации; методы выявления дефектов и их характеристики; технические условия на коленчатый вал; техническую характеристику и правила эксплуатации оборудования и инструментария рабочего места.

Задание

1. Изучить конструктивные и технологические особенности коленчатых валов.
2. Ознакомиться с техническими условиями коленчатого вала.
3. Исходя из условий работы в агрегате, определить виды и характер типичных дефектов и ожидаемые места их расположения.
4. Изучить назначение, техническую характеристику и устройство измерительных приборов и иного технического оснащения рабочего места, а также приемы работы с ними.
5. Настроить приборы для измерения износов и деформаций коленчатых валов.
6. Провести измерения и выполнить необходимые расчеты размеров и отклонений:
 - произвести замеры диаметров коренных и шатунных шеек;
 - измерить биение и определить величину прогиба;
 - измерить радиальное и торцевое биение фланца;
 - определить отклонение осей коренных и шатунных шеек от оси первой шейки;

- определить скрученность коленчатого вала;
- определить величину радиуса кривошипа.

7. Дать заключение о возможности восстановления и рассмотреть допустимые методы восстановления изношенных поверхностей или рекомендовать выбраковку детали на основании анализа результатов измерений, расчетов параметров и сравнения их со значениями, приведенными в ТУ на деталь.

8. Оформить отчет по лабораторной работе.

Оснащение рабочего места

1. Слесарный верстак.
2. Коленчатые валы (не менее 2 видов).
3. Светильник переносной.
4. Прибор типа ПБ-500 для проверки коленчатого вала на биение в центрах.
5. Индикаторы часового типа ИЧ со стойкой для проверки прогиба, скрученности и отклонения осей коренных и шатунных шеек от оси первой шейки.
6. Микрометры типа МК (ГОСТ 6507-90) с пределами измерений 25–50 и 50–75 мм.
7. Индикаторные нутромеры НИ с пределами измерений 18–36 и 50–100 мм.
8. Штангенрейсмус типа ШР с пределами измерений 40–400 мм для определения радиуса кривошипа коленчатого вала.
9. Штангенциркуль ШЦ-11 или электронный штангенциркуль с пределами измерений 0–250 мм.
10. Технические условия на дефектовку коленчатых валов и таблицы ремонтных размеров коренных и шатунных шеек.
11. Бензин марки «Калоша» (БР-1 ГОСТ 25100-95).
12. Обтирочный материал.

Охрана труда

1. Коленчатый вал должен быть установлен в центрах прибора проверки биения ПБ-500 и надежно зафиксирован контргайкой.

2. Оборудование, на котором студент производит работы, должно занимать устойчивое положение и содержаться в чистоте.

3. Техническое оснащение рабочего места (стенды, устройства, контрольно-измерительные приборы, приспособления, инструмент и др.) должно находиться в исправном (рабочем) состоянии.

4. Освещение рабочего места должно соответствовать нормам, установленным для помещений, где проводятся точные измерения.

5. К работе допускаются лица, прошедшие инструктаж по указанным видам работ и безопасным методам ведения работ с записью в журнале инструктажа.

6. Не допускается выполнять на рабочем месте не предусмотренные работой действия.

7. На рабочем месте и вокруг него не должны находиться посторонние предметы.

Теоретические сведения

Коленчатые валы отечественных двигателей изготавливают из: стали 45, HRC 52–62 (ЗИЛ-130); высокопрочного чугуна, HRC 50 (ЗМЗ-53); стали 50, HRC 52–62 (ЯМЗ-236); стали 42ХМФА-Ш, HV 600 (К-740).

Основные технические требования к коленчатым валам (рис. 4.1):

– толщина закаленного слоя шеек валов после шлифования под последний ремонтный размер должна быть не менее 1,0 мм;

– шероховатость поверхностей коренных и шатунных шеек должна быть $Ra < 0,32$ мкм по ГОСТ 2789, шероховатость поверхностей галтелей должна соответствовать КД;

– допуски круглости (овальности) и профиля продольного сечения (конусо-, седло- и бочкообразность) шеек вала не должны превышать 0,005 мм;

– суммарное отклонение от параллельности осей шатунных шеек и от профиля продольного сечения не должно превышать 0,03 мм на 100 мм длины;

– биение средних коренных шеек при установке вала на крайние коренные шейки должно соответствовать КД;

– торец фланца коленчатого вала, прилегающий к маховику, должен быть плоским или вогнутым. Предельное отклонение от плоскостности составляет 0,1 мм. Выпуклость торца не допускается;

– угловое смещение оси шпоночной канавки, фиксирующей шпонку шестерни привода механизма газораспределения или привода

к топливному насосу высокого давления, не должно превышать 30' от номинального положения;

– коленчатый вал должен быть динамически сбалансирован. Способ балансировки и допустимый дисбаланс должны соответствовать КД.

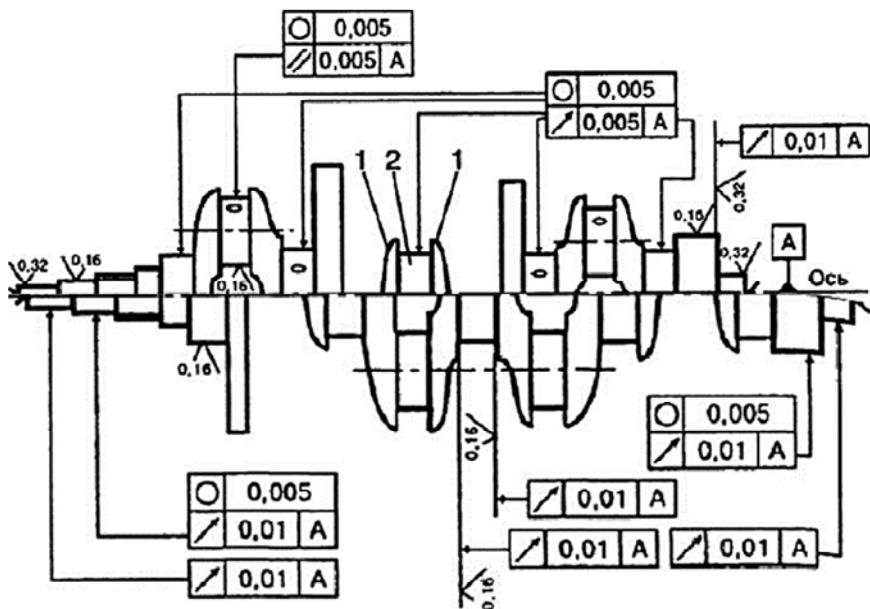


Рис. 4.1. Схема и основные требования к качеству и расположению поверхностей коленчатого вала:
1 – щека; 2 – шейка

Коленчатые валы автомобильных двигателей работают в сложных условиях циклического динамического нагружения силами давления газов от сгорания топливной смеси, передаваемыми от поршня через поршневой палец и шатун к шатунным и коренным шейкам, а также от инерции возвратно-поступательно движущихся элементов цилиндро-поршневой группы и кривошипно-шатунного механизма, вращающихся противовесов.

Неравномерность нагрузок в течение цикла и их периодичность вызывают неравномерный износ и искажение геометрической формы шатунных и коренных шеек, а также деформацию (изгиб и скрученность) коленчатого вала. Эти дефекты приводят к нарушению

перпендикулярности оси вала к осям цилиндров, ухудшению условий восприятия нагрузки и смазки шеек, ускорению износа посадочных поверхностей и коленчатого вала, кривошипно-шатунного механизма и цилиндро-поршневой группы.

Величина и характер износа ответственных поверхностей коленчатого вала являются исходными данными при назначении ремонтных размеров, установлении способов восстановления, режимов обработки и определении коэффициентов годности и восстановления.

Определение этих коэффициентов имеет большое практическое значение для авторемонтных предприятий при планировании загрузки оборудования на участках восстановления деталей, определении потребности в запасных частях, подборе оборудования и разработке технологических процессов восстановления.

Порядок выполнения работы

1. Установить коленчатый вал в центры прибора (рис. 4.2) и надежно закрепить. Вращение коленчатого вала в центрах должно осуществляться без затруднений, но и без заметного люфта.

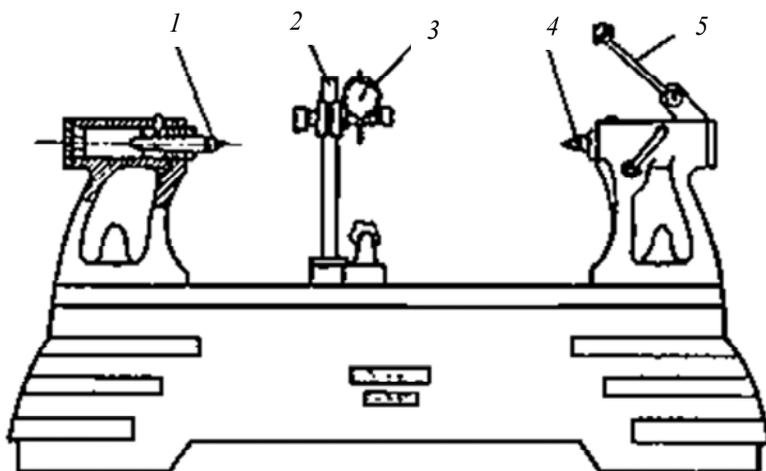


Рис. 4.2. Схема прибора ПБ-500 для определения биений и деформаций коленчатого вала:

1 – центр передней бабки; 2 – стойка; 3 – индикаторная головка;
4 – центр задней бабки; 5 – рукоятка для отвода шпинделя задней бабки

2. Протереть коренные и шатунные шейки коленчатого вала салфеткой, смоченной бензином марки «Калоша», провести внешний осмотр на наличие трещин, забоин, обломов и других повреждений.

3. Зафиксировать вид, характер и места расположения обнаруженных повреждений в протоколе работы.

4. Измерить диаметры коренных и шатунных шеек в двух сечениях, расположенных от щек примерно на $1/4$ длины шейки (рис. 4.3).

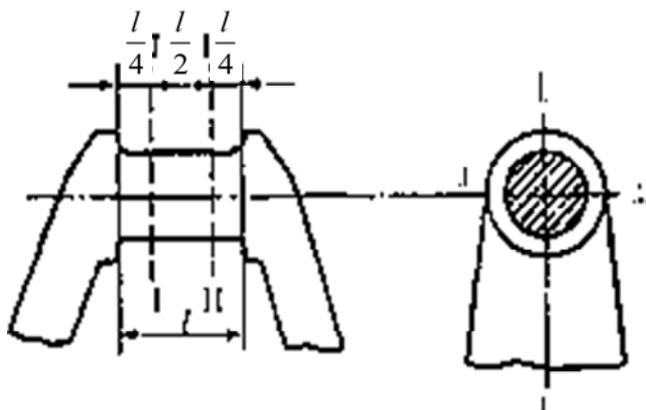


Рис. 4.3. Схема измерения диаметра шеек коленчатого вала:

I-I и II-II – сечения замеров; || – плоскость измерений, параллельная к плоскости, проходящей через оси шатунных и коренных шеек;

⊥ – плоскость измерений, перпендикулярная к плоскости, проходящей через оси шатунных и коренных шеек

В каждом сечении измерения проводят: для коренных шеек – в плоскости кривошипа первой коренной шейки и перпендикулярно к ней, для шатунных шеек – в плоскости кривошипа измеряемой шейки и перпендикулярно к ней.

Данные измерений записать в табл. 4.1.

Конусность шейки рассчитать как разность ее диаметров, измеренных в одной плоскости, но в разных сечениях, а овальность – как разность диаметров, измеренных в одном и том же сечении, но в разных плоскостях.

Величина износа шеек в каждом сечении и плоскости определяется как разность диаметров предыдущего ремонтного (или номинального) размера шейки и полученного при ее измерении.

Таблица 4.1

Результаты измерений диаметров шеек коленчатого вала
и расчета овальности и конусности

№ шейки	Сечение замера	Плоскость измерения	Результаты замеров, мм									
			Коренные шейки				Шатунные шейки					
			Диаметр	Износ	Овальность	Конусность		Диаметр	Износ	Овальность	Конусность	
						Плоскость	Плоскость ⊥				Плоскость	Плоскость ⊥
1	I-I	Параллельно плоскости кривошипа ()										
		Перпендикулярно плоскости кривошипа (⊥)										
	II-II	Параллельно плоскости кривошипа ()										
		Перпендикулярно плоскости кривошипа (⊥)										

5. Измерить прогиб коленчатого вала.

Для этого необходимо переместить индикатор со стойкой к средней коренной шейке и установить наконечник измерительного стержня сверху в середине шейки вала. Медленно поворачивая коленчатый вал, зафиксировать наименьшее отклонение стрелки индикатора, при котором установить стрелку на ноль. При дальнейшем вращении коленчатого вала записать максимальное отклонение стрелки индикатора. Прогиб вала f определяется как разность между половиной величины отклонения стрелки индикатора «С» и 1/4 овальности средней коренной шейки «О»:

$$f = 0,5C - 0,25O.$$

Результаты измерений деформаций коленчатого вала заносят в таблицу табл. 4.2.

Таблица 4.2

Результаты измерений деформаций коленчатого вала

Измеряемый параметр	Значение параметра
Биение вала по средней шейке, мм	
Овальность средней коренной шейки, мм	
Прогиб вала, мм	
Торцевое биение фланца, мм	
Радиальное биение фланца, мм	
Отклонение осей коренных шеек, мм: 2-й 3-й 4-й 5-й	
Отклонение осей шатунных шеек, мм: 2-й 3-й 4-й	
Отклонение стрелки индикатора при измерении скрученности, мм	
Скрученность вала, °	

6. Измерить биение торцевой поверхности фланца вала, для чего необходимо подвести наконечник измерительного стержня индикатора к торцу фланца на расстояние 3–5 мм от наружного диаметра и, поворачивая вал, зафиксировать наименьшее отклонение стрелки индикатора, при котором установить стрелку на ноль.

При дальнейшем вращении вала необходимо зафиксировать наибольшее отклонение стрелки индикатора и результаты записать в таблицу.

7. Измерить радиальное биение фланца коленчатого вала, для чего подвести наконечник индикатора к цилиндрической поверхности фланца. Дальнейшие измерения аналогичны определению торцевого биения.

8. Измерить отклонения осей коренных шеек от оси первой коренной шейки. Для этого необходимо подвести наконечник измерительного стержня индикатора к первой шейке и установить стрелку на ноль. В дальнейшем, передвигая индикатор по направляющим

прибора ПБ-500 вдоль вала, подвести стержень индикатора последовательно к каждой коренной шейке и записать в таблицу показания индикатора.

Отклонения индикатора по часовой стрелке принимаются со знаком плюс, а против часовой стрелки – со знаком минус.

9. Измерить отклонения осей шатунных шеек от оси первой шатунной шейки. Для этого необходимо установить коленчатый вал так, чтобы первая шатунная шейка заняла наивысшее положение, и настроить индикатор по этой шейке на ноль.

Передвигая индикатор последовательно к другим шатунным шейкам, расположенным в одной плоскости с первой, выполнить измерение и занести показания в таблицу измерений.

Для измерения отклонений осей остальных шатунных шеек от оси первой необходимо устанавливать вал таким образом, чтобы вторая шейка заняла наивысшее положение и, не нарушая настройку индикатора, измерить отклонения второй и остальных шатунных шеек. Результаты занести в табл. 4.2.

10. Измерить скрученность коленчатого вала. Для этого установить первую шатунную шейку в горизонтальной плоскости, зафиксировать вал и по ней настроить индикатор на ноль. Затем передвинуть индикатор к последней шатунной шейке, лежащей в одной плоскости с первой, и отметить отклонение стрелки индикатора. Данные замеров записать в таблицу.

Скрученность вала γ рассчитать по формуле:

$$\gamma = \frac{360\delta}{2\pi R} = 57 \frac{\delta}{R},$$

где δ – показание индикатора, мм;

R – радиус кривошипа, мм.

11. Определить радиусы кривошипов коленчатого вала.

Коленчатый вал установить так, чтобы первая шатунная шейка заняла крайнее верхнее положение, и с помощью штангенрейсмуса измерить высоту H . Затем повернуть вал на 180° и измерить высоту h , когда шатунная шейка будет занимать крайнее нижнее положение (рис. 4.4).

Аналогично измерить высоты остальных шатунных шеек. Результаты замеров записать в табл. 4.3.

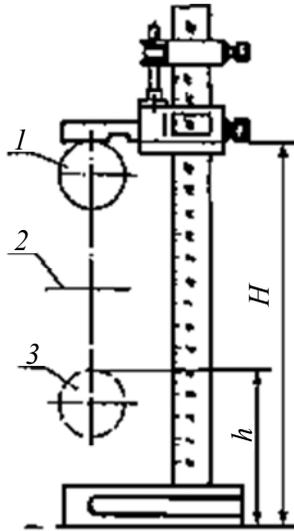


Рис. 4.4. Схема измерения радиуса кривошипа коленчатого вала:
 1 – установка шатунной шейки в верхнем положении;
 2 – положение оси коренных шеек;
 3 – установка шатунной шейки в нижнем положении

Таблица 4.3

Результаты измерений радиусов кривошипов коленчатого вала

Измеряемые параметры	Номер кривошипа			
	1	2	3	4
Высота H , мм				
Высота h , мм				
Радиус кривошипа R , мм				

Радиус кривошипа рассчитать по формуле:

$$R = \frac{H - h}{2},$$

где H и h – показания штангенрейсмуса при верхнем и нижнем положениях шатунной шейки, мм.

Кроме того, для остальных шеек радиус кривошипа можно вычислить по формуле:

$$R_i = R_1 + \delta_i,$$

где R_1 – радиус кривошипа первой шатунной шейки, мм;

δ_i – отклонение оси данной шатунной шейки от оси первой шейки, мм (с соответствующим знаком).

12. Сравнить результаты измерений параметров коленчатого вала с техническими условиями на дефектацию (табл. 4.4, 4.5, 4.6) и сделать заключение о возможных способах восстановления детали.

13. Убрать рабочее место, сложить измерительный инструмент и сдать его учебному мастеру.

14. Оформить и защитить отчет по лабораторной работе.

Таблица 4.4

Основной и ремонтные размеры в мм шеек коленчатого вала ЯМЗ-236 и вкладышей подшипников

Основной и ремонтные размеры	Диаметр коренных шеек	Толщина вкладыша коренного подшипника	Диаметр шатунных шеек	Толщина вкладыша шатунного подшипника
Основной размер	105,00 _{-0,015}	5,500 ^{-0,048} _{-0,055}	85,00 _{-0,015}	4,000 ^{-0,038} _{-0,045}
Ремонтные размеры:				
1-й	104,75 _{-0,015}	5,625 ^{-0,048} _{-0,055}	84,75 _{-0,015}	4,125 ^{-0,038} _{-0,045}
2-й	104,50 _{-0,015}	5,750 ^{-0,048} _{-0,055}	84,50 _{-0,015}	4,250 ^{-0,038} _{-0,045}
3-й	104,25 _{-0,015}	5,875 ^{-0,048} _{-0,055}	84,25 _{-0,015}	4,375 ^{-0,038} _{-0,045}
4-й	104,00 _{-0,015}	6,000 ^{-0,048} _{-0,055}	84,00 _{-0,015}	4,500 ^{-0,038} _{-0,045}
5-й	103,75 _{-0,015}	6,125 ^{-0,048} _{-0,055}	83,75 _{-0,015}	4,625 ^{-0,038} _{-0,045}
6-й	103,50 _{-0,015}	6,250 ^{-0,048} _{-0,055}	83,50 _{-0,015}	4,750 ^{-0,038} _{-0,045}

Таблица 4.5

**Размеры шеек коленчатых валов двигателей
легковых автомобилей отечественного производства**

Размеры шеек	МЗМА-412			ЗМЗ-24			ВАЗ-2107		
	Уменьшение размера, мм	Диаметр коренных шеек, мм	Диаметр шатунных шеек, мм	Уменьшение размера, мм	Диаметр коренных шеек, мм	Диаметр шатунных шеек, мм	Уменьшение размера, мм	Диаметр коренных шеек, мм	Диаметр шатунных шеек, мм
Номинальный	–	59,960 _{-0,013}	52,012 _{-0,019}	–	64,00 _{-0,012}	58,00 _{-0,013}	–	50,795 _{-0,020}	47,834 _{-0,020}
1-й ремонтный	0,254	59,719 _{-0,013}	51,758 _{-0,019}	0,25	63,75 _{-0,012}	57,75 _{-0,013}	0,25	50,545 _{-0,020}	47,584 _{-0,020}
2-й ремонтный	0,508	59,465 _{-0,013}	51,404 _{-0,019}	0,50	63,50 _{-0,012}	57,50 _{-0,013}	0,50	50,295 _{-0,020}	47,334 _{-0,020}
3-й ремонтный	0,762	59,211 _{-0,013}	51,250 _{-0,019}	0,75	63,25 _{-0,012}	57,25 _{-0,013}	0,75	50,045 _{-0,020}	47,084 _{-0,020}
4-й ремонтный	1,016	58,957 _{-0,013}	50,996 _{-0,019}	1,00	63,00 _{-0,012}	57,00 _{-0,013}	1,00	49,795 _{-0,020}	46,834 _{-0,020}
5-й ремонтный	–	–	–	1,25	62,75 _{-0,012}	56,75 _{-0,013}	–	–	–
6-й ремонтный	–	–	–	1,50	62,50 _{-0,012}	56,60 _{-0,013}	–	–	–

Таблица 4.6

**Размеры шеек коленчатых валов двигателей
грузовых автомобилей отечественного производства**

Размеры шеек	ЗМЗ-53			Д-260.5			ЯМЗ-236		
	Уменьшение размера, мм	Диаметр коренных шеек, мм	Диаметр шатунных шеек, мм	Уменьшение размера, мм	Диаметр коренных шеек, мм	Диаметр шатунных шеек, мм	Уменьшение размера, мм	Диаметр коренных шеек, мм	Диаметр шатунных шеек, мм
Номинальный	–	70,00 _{-0,013}	60,00 _{-0,019}	–	85,25 _{-0,084 -0,104}	73,00 _{-0,10 -0,119}	–	105,00 _{-0,015}	85,00 _{-0,015}
1-й ремонтный	0,25	69,75 _{-0,013}	59,75 _{-0,013}	0,50	84,50 _{-0,084 -0,104}	72,25 _{-0,010 -0,119}	0,25	104,75 _{-0,015}	84,75 _{-0,015}
2-й ремонтный	0,50	69,50 _{-0,013}	59,50 _{-0,013}	1,00	84,00 _{-0,084 -0,104}	71,75 _{-0,010 -0,119}	0,50	104,50 _{-0,015}	84,50 _{-0,015}
3-й ремонтный	0,75	69,25 _{-0,013}	59,25 _{-0,013}	1,50	83,50 _{-0,084 -0,104}	71,25 _{-0,010 -0,119}	0,75	104,25 _{-0,015}	84,25 _{-0,015}
4-й ремонтный	1,00	69,00 _{-0,013}	59,00 _{-0,013}	2,00	83,00 _{-0,084 -0,104}	70,75 _{-0,010 -0,119}	1,00	104,00 _{-0,015}	84,00 _{-0,015}
5-й ремонтный	1,25	68,75 _{-0,013}	58,75 _{-0,013}	–	–	–	1,25	103,75 _{-0,015}	83,75 _{-0,015}
6-й ремонтный	1,50	68,50 _{-0,013}	58,50 _{-0,013}	–	–	–	1,50	103,50 _{-0,015}	83,50 _{-0,015}

Содержание отчета

1. Наименование и цель работы.
2. Оснащение рабочего места.
3. Основные положения по охране труда.
4. Общие сведения о детали: материал, термообработка, твердость, условия работы и причины возникновения основных дефектов коленчатого вала.
5. Содержание работы и последовательность ее выполнения.
6. Результаты измерений диаметров коренных и шатунных шеек, необходимые расчеты отклонений формы и расположения поверхностей, расчет параметров деформаций и радиуса кривошипа коленчатого вала.
7. Анализ результатов и заключение о целесообразности и способах устранения выявленных дефектов.

Лабораторная работа № 5

КОНТРОЛЬ ИЗНОСА И ДЕФОРМАЦИЙ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОГО ВАЛА ДВИГАТЕЛЯ

Цель работы: закрепить теоретические знания и получить практические навыки в контроле размеров и расчете параметров ответственных поверхностей для оценки степени соответствия техническим условиям распределительного вала автомобильного двигателя и принятия решения о восстановлении либо выбраковке детали.

Студент должен знать: материалы и технологии изготовления распределительных валов; твердость и физико-механические характеристики ответственных поверхностей; условия эксплуатации; места расположения повреждений и дефектов; методы выявления дефектов и их характеристики; технические условия на распределительный вал; техническую характеристику и правила безопасной эксплуатации технического оснащения рабочего места.

Задание

1. Изучить конструктивные и технологические особенности распределительного вала.
2. Ознакомиться с условиями работы детали в агрегате и техническими условиями распределительного вала.
3. Определить виды и характер типичных повреждений и дефектов, а также ожидаемые места их расположения.
4. Изучить назначение, техническую характеристику и устройство измерительных приборов и иного технического оснащения рабочего места, а также приемы работы с ними.
5. Провести измерения и выполнить необходимые расчеты размеров и отклонений формы и взаимного расположения поверхностей:
 - измерить диаметры опорных шеек распределительного вала;
 - определить величину прогиба распределительного вала по средней шейке;
 - произвести замеры кулачков по высоте и цилиндрической части с целью определения высоты подъема клапана;
 - провести измерения и определить отклонение профиля кулачков от заданного конструктором.

6. На основании анализа результатов измерений, расчетов параметров и их сравнения с нормативными значениями дать заключение о возможности восстановления и рассмотреть допустимые методы восстановления или рекомендовать выбраковку детали.

7. Оформить отчет по лабораторной работе.

Оснащение рабочего места

1. Слесарный верстак.

2. Распределительные валы (не менее 2 видов) с закрепленными на них градуированными дисками для контроля профиля кулачков.

3. Светильник переносной.

4. Прибор проверки биений типа ПБ-500 для установки валов в центрах.

5. Индикаторы часового типа ИЧ со стойкой.

6. Микрометры типа МК (ГОСТ 6507-90) с пределами измерений 25–50 и 50–75 мм.

7. Штангенциркуль ШЦ-11 или электронный штангенциркуль с пределами измерений 0–250 мм.

8. Технические условия на дефектацию распределительных валов.

9. Бензин марки «Калоша» (БР-1 ГОСТ 25100-95).

10. Обтирочный материал.

Охрана труда

1. К работе допускаются лица, прошедшие инструктаж с записью в журнале и аттестованные по безопасным методам ведения работ.

2. Оборудование, на котором студент производит работы, должно занимать устойчивое положение и содержаться в чистоте.

3. Освещение рабочего места должно соответствовать нормам, установленным для помещений, где проводятся точные измерения.

4. Техническое оснащение рабочего места (стенды, устройства, контрольно-измерительные приборы, приспособления, инструмент и др.) должно находиться в исправном (рабочем) состоянии.

5. Распределительный вал должен быть установлен в центрах прибора проверки биения ПБ-500 и надежно зафиксирован контргайкой центра задней бабки.

Теоретические сведения

Распределительные валы автомобильных двигателей изготавливают из следующих материалов: ЗМЗ-53, ЗМЗ-24 – сталь 40; ЯМЗ-236, ЗИЛ-130 – сталь 45; ВАЗ, МЗМА-412 – специальный чугун; а в двигателях К-740 – сталь 18ХГТ.

Валы изготавливают из стали марок 40, 45 по ГОСТ 1050, марки 45Л по ГОСТ 977, сталей марок 15Х, 15ХФ, 18ХГТ, а также других среднеуглеродистых и цементуемых марок сталей, обеспечивающих соответствие требованиям. Валы изготавливают из серого легированного чугуна (с закаленными кулачками), легированного специального чугуна (с отбеленными кулачками), нелегированного чугуна по ГОСТ 1412 или чугуна с шаровидным графитом по ГОСТ 7293. Чугуны должны иметь предел прочности на растяжение и изгиб, определенные по ГОСТ 4832, не ниже, чем у чугуна марки СЧ 21-40 по ГОСТ 1412.

Твердость поверхностей кулачков и эксцентрика бензинового насоса после окончательной обработки должна быть не менее 55 HRC. Твердость на вершинах кулачков должна быть не менее 52 HRC.

Поверхности кулачков, эксцентриков и опорных шеек подвергаются поверхностной закалке, в том числе до твердости HRC 52–63 на глубину 2,5 мм.

Твердость цилиндрической поверхности эксцентрика топливного насоса со стороны наибольшего расстояния от оси вала должна быть не менее 50 HRC. Глубина закаленного слоя после окончательной обработки вала должна быть: на вершинах кулачков – не менее 2,0 мм; на цилиндрической части кулачков – не более 2,0 мм. Микроструктура закаленного слоя должна состоять из мартенсита и карбидов сетчатых и столбчатых.

До прохождения механической обработки валы из высокопрочных чугунов подвергают соответствующей термообработке для получения твердости от 250 до 300 НВ. Микроструктура валов из высокопрочного чугуна должна иметь металлическую основу в виде перлита-феррита. Графит в высокопрочном чугуне должен быть шаровидной формы.

Шероховатость отдельных поверхностей вала по ГОСТ 2789 не должна превышать следующих значений параметра Ra, мкм:

– для опорных шеек валов грузовых автомобилей – 0,63;

- для опорных шеек валов легковых автомобилей – 0,50;
- для кулачков в паре с толкателем скольжения – 0,63;
- для кулачков в паре с толкателем качения – 1,00;
- для эксцентрика бензинового насоса – 1,25;
- для торца осевой фиксации вала – 2,00.

Предельные отклонения формы поверхностей не должны превышать величин степеней точности по ГОСТ 24643:

- отклонение от крутости опорных шеек – 6;
- отклонение профиля продольного сечения опорных шеек – 7.

Биение вала при установке на крайние опорные шейки не должно превышать:

- для промежуточных опорных шеек:

а) при расстоянии между крайними опорными шейками вала до 1000 мм включительно – 0,040 мм;

б) при расстоянии между крайними опорными шейками вала свыше 1000 мм – 0,060 мм;

- для промежуточных опорных шеек цементированных валов:

а) при расстоянии между крайними опорными шейками вала до 800 мм включительно – 0,025 мм;

б) при расстоянии между крайними опорными шейками вала свыше 800 мм – 0,050 мм;

- для цилиндрической части вала, работающего в паре с толкателем:

а) при отсутствии зазора – 0,025 мм;

б) с постоянным зазором:

1) для грузовых автомобилей – 0,060 мм;

2) для легковых автомобилей – 0,025 мм;

– для шейки под распределительную шестерню – 0,030 мм;

– для торца осевой фиксации вала – 0,030 мм.

Образующие поверхности кулачков, не обрабатываемых на конус, должны быть параллельны образующим опор вала. Отклонение от параллельности не должно превышать 0,008 мм на длине кулачка.

Угловое смещение осей симметрии профилей всех кулачков вала относительно их номинального положения не должно превышать 30".

Смещение шпоночной канавки относительно диаметральной плоскости не должно превышать 0,1 мм.

Элементы распределительного вала при нормальной эксплуатации изнашиваются незначительно. Распределительные валы двигателей, поступающих в капитальный ремонт, имеют износ опорных

шеек в пределах 0,03–0,06 мм, что не влияет существенно на работу двигателя.

Более значительный износ шеек приводит к падению давления в системе смазки, появлению стуков в газораспределительном механизме.

Кулачки также изнашиваются незначительно, но искажение их профиля может служить причиной ухудшения работы двигателя на больших оборотах из-за нарушения фаз газораспределения.

Основными дефектами распределительных валов являются: погнутость вала, износ опорных шеек и кулачков, износ шестерни привода масляного насоса, износ и повреждение фланца или шейки крепления распределительной шестерни, износ шпоночной канавки, повреждение резьбы.

Внешним осмотром выявляют повреждение резьбы, фланца, шестерни, глубокие риски и забоины на рабочих поверхностях.

Действительные размеры отдельных элементов распределительного вала и величины износов определяют измерениями.

Сопоставляя результаты внешнего осмотра и измерений с техническими условиями на дефектацию, определяют необходимость и способы восстановления распределительного вала или его пригодность для работы без восстановления.

Порядок выполнения работы

1. Изучить инструкцию по охране труда на рабочем месте.
2. Установить коленчатый вал в центры прибора (рис. 5.1) и надежно закрепить. Вращение коленчатого вала в центрах должно осуществляться без затруднений, но и без заметного люфта.
3. Протереть коренные и шатунные шейки коленчатого вала салфеткой, смоченной бензином марки «Калоша», провести внешний осмотр на наличие трещин, забоин, обломов и других повреждений.
4. Результаты осмотра записать в рабочую тетрадь.
5. С помощью индикаторной головки измерить биение и определить величину прогиба распределительного вала по неизношенному участку средней шейки (рис. 5.2).
6. Разметить сечения опорных шеек распредвала для замеров и произвести измерения микрометром согласно схеме на рис. 5.3. Результаты замеров занести в табл. 5.1.

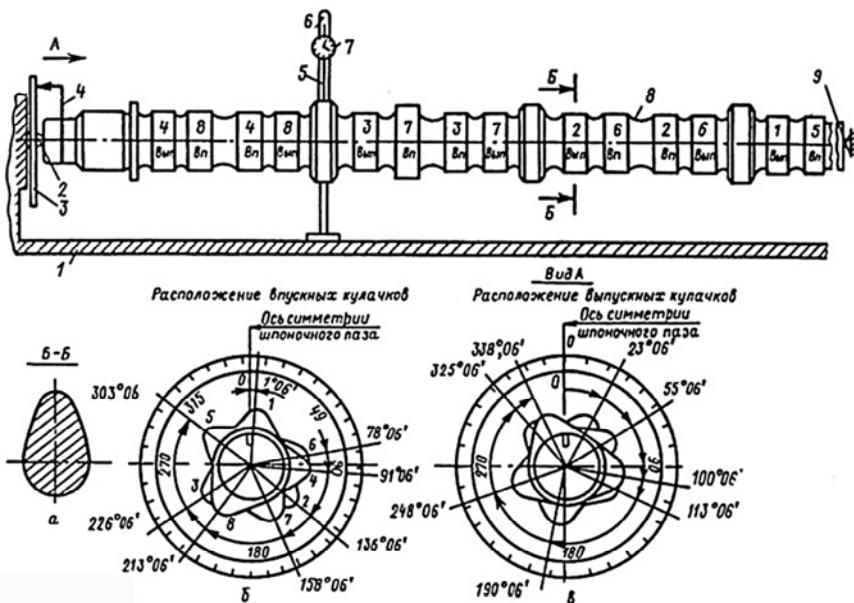


Рис. 5.1. Схема приспособления для контроля профиля кулачков и опорных шеек распределительного вала:

- а* – профиль кулачка; *б* – расположение впускных кулачков;
- в* – расположение выпускных кулачков;
- Вп – впускной кулачок; Вып – выпускной кулачок;
- 1* – основание приспособления; *2*, *9* – центры;
- 3* – диск с градуировкой; *4* – указательная стрелка, закрепленная на шейке распределительного вала;
- 5* – ножка индикатора; *6* – стойка индикатора;
- 7* – индикатор, *8* – распределительный вал

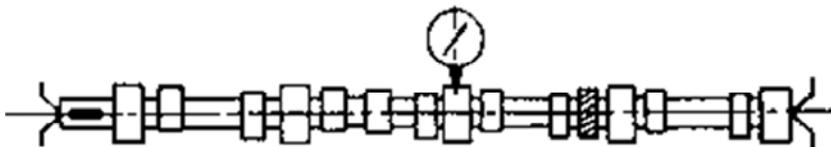


Рис. 5.2. Схема измерения прогиба распределительного вала

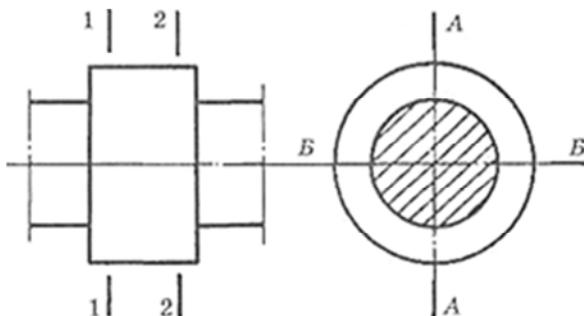


Рис. 5.3. Схема измерения шеек распределительного вала

Таблица 5.1

Результаты измерения диаметров опорных шеек

№ шейки	Плоскость сечения				Максимальная овальность, мм	Максимальная конусность, мм	Минимальный размер, мм
	1-1		2-2				
	Плоскость измерения						
	А-А	Б-Б	А-А	Б-Б			
1							
2							
и т. д.							

7. Произвести измерения кулачков распредвала по высоте и цилиндрической части в соответствии со схемой измерений (рис. 5.4) для расчета высоты подъема клапана h ($h = H - d$).

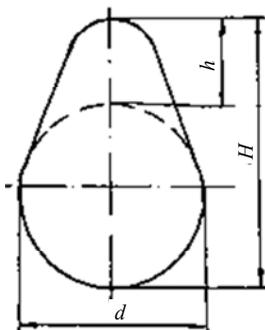


Рис. 5.4. Схема измерения кулачков распределительного вала

Результаты замеров занести в табл. 5.2.

Таблица 5.2

Определение размеров кулачков распределительного вала

Параметр	1	2	3	4	5	6	7	8	и т. д.
Наибольший размер кулачка H , мм									
Диаметр цилиндрической части d , мм									
Высота кулачка h , мм									

8. Произвести измерение профиля кулачков (одного впускного и одного выпускного) с помощью индикаторной головки и определить степень его искажения.

Для этого нулевое деление градуированного диска совместить с осью симметрии или с наиболее удаленной от оси вращения точкой кулачка, шкалу индикаторной головки установить на ноль (рис. 5.5). Поворачивая кулачок, произвести замеры профиля кулачка через каждые 10° . Результаты измерений занести в табл. 5.3.

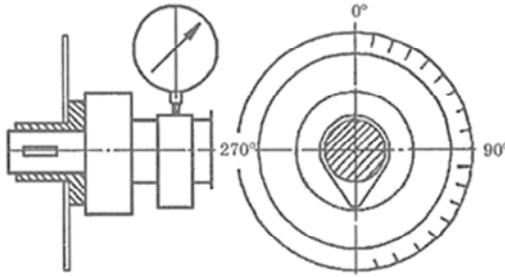


Рис. 5.5. Схема измерения профиля кулачков

Таблица 5.3

Результаты измерения отклонений профиля кулачков

Угол поворота кулачка, °	Показания индикатора, мм		Угол поворота кулачка, °	Показания индикатора, мм	
	Впускной кулачок	Выпускной кулачок		Впускной кулачок	Выпускной кулачок
1	2	3	4	5	6
0	0	0	270		
10			280		
20			290		

1	2	3	4	5	6
30			300		
40			310		
50			320		
60			330		
70			340		
80			350		
90			360	0	0
100–260					

9. По результатам измерений вычертить профили кулачков в масштабе 4:1.

10. Измерить ширину шпоночной канавки и размеры посадочных поверхностей под крепление распределительной шестерни.

11. Сопоставить результаты измерений с требованиями технических условий и сделать заключение о состоянии распределительного вала (годен без ремонта, годен к восстановлению, подлежит выбраковке). Указать способ восстановления элементов вала.

12. Оформить и защитить отчет по лабораторной работе.

Содержание отчета

1. Наименование и цель работы.
2. Содержание работы и последовательность ее выполнения.
3. Оснащение рабочего места.
4. Общие сведения по распределительному валу (марка двигателя, материал вала, термообработка его элементов, их твердость, номинальные размеры шеек, допустимая овальность и конусность, шероховатость опорных шеек и кулачков), условия работы и причины возникновения основных дефектов.
5. Результаты внешнего осмотра вала.
6. Таблицы с результатами измерений.
7. Профили кулачков, вычерченные по результатам измерений.
8. Основные данные технических условий на дефектовку.
9. Анализ результатов и заключение о годности вала или целесообразности и способах устранения выявленных дефектов.

Лабораторная работа № 6

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ПРОФИЛЯ КУЛАЧКОВ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОГО ВАЛА ШЛИФОВАНИЕМ

Цель работы: закрепить теоретические знания и получить практические навыки в разработке технологии восстановления профиля кулачков распредвала перешлифовкой на профиль, эквидистантный номинальному.

Студент должен знать: устройство, настройку и приемы работы на станке для шлифования кулачков и опорных шеек распределительных валов модели 3433; общее устройство, кинематическую схему, органы управления и технологическую оснастку оборудования; технические условия на распределительный вал; техническую характеристику и правила безопасной эксплуатации технического оснащения рабочего места.

Задание

1. Изучить правила техники безопасности на рабочем месте для шлифования распределительных валов.

2. Ознакомиться с конструкцией специального оборудования модели 3A433 или 3433 для перешлифовки кулачков и опорных шеек распределительных валов, изучить правила настройки и органы управления станком, а также основные движения рабочих органов станка по кинематической схеме.

3. Ознакомиться с техническим оснащением рабочего места, изучить его назначение, техническую характеристику, устройство и приемы работы с ним.

4. Проконтролировать распредвал и дать заключение о возможности его восстановления способом перешлифовки кулачков и опорных шеек.

5. Изучить технологический процесс восстановления распределительных валов автомобильных двигателей способом перешлифовки кулачков и опорных шеек.

6. Сделать необходимые расчеты и настроить делительное приспособление и станок для шлифования 2–3 кулачков распределительного вала.

7. Выполнить перешлифовку одного из кулачков до выведения следов износа и получения правильного эквидистантного профиля.
8. Оформить отчет по лабораторной работе.

Оснащение рабочего места

1. Слесарный верстак.
2. Копировально-шлифовальный станок модели 3А433 или 3433 для шлифования кулачков и опорных шеек распределительных валов.
3. Набор копирных блоков.
4. Набор делительных приспособлений и хомутиков для соответствующих распределительных валов, подлежащих шлифованию.
5. Распределительный вал, подлежащий перешлифовке.
6. Микрометр МК (ГОСТ 6507-90) с пределами измерения 25–50 мм.
7. Гаечные ключи на 10 и 24 мм.
8. Шаблоны для проверки профиля кулачков распределительного вала.
9. Штангенциркуль ШЦ-11 или электронный штангенциркуль пределами измерений 0–250 мм.
10. Технические условия на дефектацию распределительного вала.
11. Бензин марки «Калоша» (БР-1 ГОСТ 25100-95).
12. Обтирочный материал.

Охрана труда

1. К работе допускаются лица, прошедшие инструктаж с записью в журнале и аттестованные по безопасным методам ведения работ.
2. Техническое оснащение рабочего места (станок, приспособления, контрольно-измерительные приборы, инструмент и др.) должно находиться в исправном (рабочем) состоянии.
3. Перед началом работы необходимо проверить исправность включателей, заземляющих проводов и надежность питающих проводов.
4. Запрещается использовать оборудование и инструмент на работах, для которых он не предназначен.
5. Запрещается оставлять без надзора оборудование с работающим приводом.

Теоретические сведения

Работа газораспределительного механизма теоретически оценивается по параметру «время–сечение» клапана, характеризуемому площадью под кривой изменения проходного сечения клапана по времени (рис. 6.1).

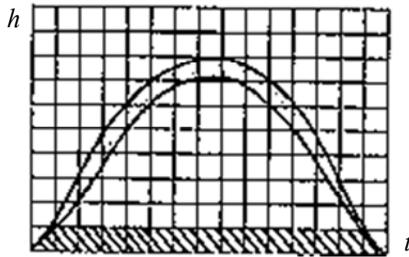


Рис. 6.1. Изменение площади «время–сечение» при износе газораспределительного механизма

Износ деталей газораспределительного механизма приводит к увеличению зазоров в сопряжениях и в конечном итоге к уменьшению указанной площади проходного сечения клапана. При этом износ деталей механизма подъема клапана (клапан–коромысло–толкатель) приводит к уменьшению площади сечения снизу, износ профиля кулачка распределительного вала — к уменьшению площади сверху и, наконец, износ зубьев распределительных шестерен — к сдвигу фаз распределения.

Изменение площади «время–сечение» в нижней части за счет износа деталей механизма подъема клапана может быть уменьшено путем постоянного поддержания зазоров в сопряжениях клапанного механизма и является важным профилактическим мероприятием, входящим в систему технического обслуживания автомобилей.

Уменьшение площади «время–сечение» сверху связано с износом профиля кулачков распределительного вала, так как в этом случае уменьшается высота подъема и длительность открытия клапана. Это, в свою очередь, влечет за собой ухудшение наполнения цилиндров горючей смесью, снижение мощности двигателя (при износе впускных кулачков) и ухудшение очистки цилиндров от отработавших газов (при износе выпускных кулачков).

Поэтому при сравнительно небольшой величине износа кулачков распределительного вала их восстанавливают шлифованием на специальных копировально-шлифовальных станках типа 3А433 и 3433, что позволяет сохранить профиль кулачка. Кулачок перешлифовывают до выведения следов износа, при этом высота подъема клапана не изменяется, а восстанавливается до номинальных значений.

Высота подъема клапана при неизношенном кулачке:

$$h = H - d, \quad (6.1)$$

где H – наибольший размер распределительного вала по выступам кулачков, мм;

d – диаметр цилиндрической части кулачка, мм.

При шлифовании изношенного кулачка его размеры уменьшаются по всему профилю на одинаковую величину b , равную сумме величин износа и припуска на шлифование.

Высота подъема клапана после шлифования кулачка равна:

$$h_1 = H_1 - d_1. \quad (6.2)$$

Исходя из схемы профиля кулачка, представленной на рис. 6.2:

$$H_1 = H - 2b; \quad (6.3)$$

$$d_1 = d - 2b. \quad (6.4)$$

Соответственно:

$$h_1 = H - 2b - (d - 2b) = H - d. \quad (6.5)$$

Таким образом, высота подъема клапана перешлифованного кулачка равна высоте подъема клапана неизношенного кулачка.

При значительном износе кулачков по высоте или после неоднократной перешлифовки их ремонтируют методом наплавки, так как дальнейшее шлифование приводит к уменьшению радиуса закругления вершины кулачка (она становится острой) и нарушению кинематики движения клапана.

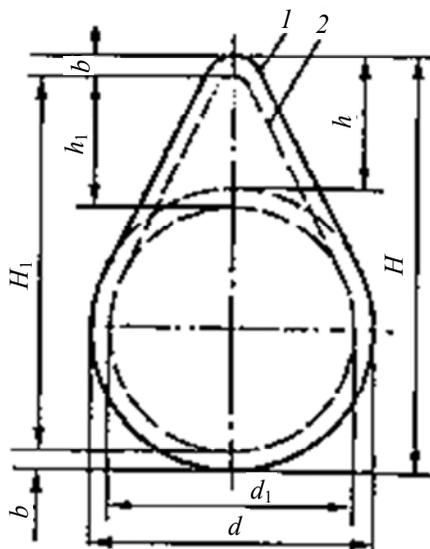


Рис. 6.2. Схема профиля деталей кулачка:
1 – до перешлифовки; 2 – после перешлифовки

В этом случае наплавка вершины кулачка производится сормайтот газопламенным способом, а также дуговой ручной наплавкой твердосплавными электродами типа Т-530А, обеспечивающими после наплавки требуемую твердость.

После наплавки кулачки подвергают предварительной механической обработке, а затем чистовому шлифованию.

Станок модели 3433 служит для перешлифовки профиля кулачков и опорных шеек распределительных валов автомобильных и тракторных двигателей на специализированных ремонтных предприятиях. Станок работает по методу копирования.

Кинематическая схема станка представлена на рис. 6.3. Станок является универсальным, и для шлифования кулачков различных распределительных валов в нем предусмотрены сменные копирные блоки.

На направляющих передней части станка размещен нижний стол 17 вместе с закрепленным на нем верхним столом 16. Продольное перемещение столов осуществляется вручную с помощью маховика 18, от которого через редуктор 19 движение передается на рейку 20.

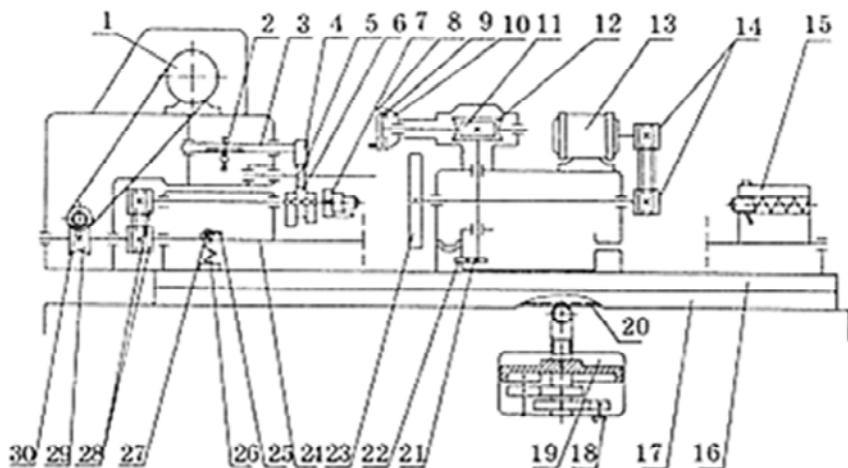


Рис. 6.3. Кинематическая схема станка модели 3433:

- 1 – электродвигатель; 2 – рукоятка; 3 – тяга; 4 – вилка; 5 – опорный ролик;
 6 – копирный блок; 7 – делительное приспособление; 8 – маховик;
 9 – рукоятка установки лимба на нулевое деление; 10 – лимб;
 11 – червяк; 12 – червячная шестерня; 13 – электродвигатель;
 14 – клиноременная передача; 15 – задняя бабка; 16 – верхний стол;
 17 – нижний стол; 18 – маховик; 19 – редуктор; 20 – рейка; 21 – шестерня;
 22 – рейка; 23 – шлифовальный круг; 24 – люлька; 25 – рукоятка; 26 – пружина;
 27 – эксцентрик; 28 – шкивы; 29 – червячная шестерня; 30 – червяк

Вращение шлифовального круга 23 осуществляется от индивидуального электродвигателя 13 через клиноременную передачу 14. Подача шлифовальной бабки производится вручную с помощью маховика 8, от которого движение на рейку 22 передается через червяк 11, червячную шестерню 12 и валик с шестерней 21.

Шпиндель с установленным на его конце копирным блоком 6 приводится во вращение от электродвигателя 1 через клиноременную передачу, червяк 30, червячную шестерню 29 и шкивы 28 клиноременной передачи.

Люлька 24 станка качается на двух шариковых подшипниках и несет на себе переднюю и заднюю бабки. Во время работы станка пружина 26 постоянно прижимает люльку с копирами к опорному ролику 5, который свободно вращается на оси. В нерабочее положение люлька отводится рукояткой 25 с эксцентриком 27. В этом случае копиры отводятся от опорного ролика и станок работает как

обычный круглошлифовальный. Перевод опорного ролика с одного копира на другой осуществляется рукояткой 2 при помощи тяги 3 и вилки 4.

Правильная установка распределительного вала обеспечивается применением делительного приспособления 7 и установочного хомутика, который имеет необходимую базу в виде шпоночного паза, обеспечивающую угловое расположение кулачков.

Диаметр отверстия хомутика d и угол α должны соответствовать диаметру шейки шлифуемого вала и углу смещения оси кулачка (рис. 6.4).

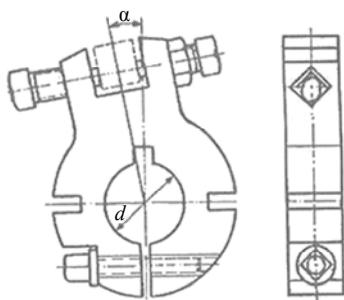


Рис. 6.4. Установочный хомутик

Делительное приспособление (рис. 6.5) устанавливается при помощи шпонки на передний конец шпинделя передней бабки.

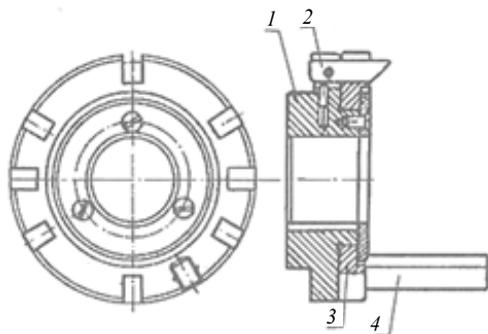


Рис. 6.5. Делительное приспособление:

1 – корпус; 2 – защелка; 3 – делительный диск; 4 – ведущий палец

Порядок выполнения работы

1. Изучить правила техники безопасности на рабочем месте для шлифования распределительных валов.

2. Ознакомиться с конструкцией станка модели 3А433 или 3433, изучить правила настройки и органы управления станком, а также основные движения рабочих органов станка по кинематической схеме.

3. Заготовить в рабочих тетрадах табл. 6.1 измерений распределительного вала.

Таблица 6.1

Результаты измерений распределительного вала двигателя

№ кулачка	Наименование кулачка	Размеры, мм					
		до шлифования			после шлифования		
		общая высота H	диаметр цилиндрической части d	высота подъема клапана h	общая высота H_1	диаметр цилиндрической части d_1	высота подъема клапана h_1
1							

4. Произвести замеры 2–3-х кулачков по следующим параметрам: общая высота кулачка H , диаметр цилиндрической части d (схема измерений приведена на рис. 6.2).

По формуле 6.1 определить высоту подъема клапана h изношенного кулачка (до перешлифовки).

Результаты замеров и расчетов занести в табл. 6.1.

5. Произвести настройку станка на шлифование 2–3-х кулачков распределительного вала (по указанию преподавателя) и прошлифовать их до выведения следов износа и получения правильного профиля.

Для настройки станка необходимо установить распределительный вал с закрепленным на его переднем конце установочным хомутиком в центры станка и закрепить заднюю бабку 15 (см. рис. 6.3). При этом ведущий палец 4 (см. рис. 6.5) делительного приспособления вводится в прорезь хомутика и закрепляется винтами в среднем положении.

Установить рукояткой 2 (см. рис. 6.3) опорный ролик против соответствующего копира согласно табличке на корпусе передней

бабки станка (ВХ, ВС, ЭЦ). При переводе опорного ролика с одного копира на другой поворотный стол станка, на шпинделе которого установлен копирный блок, должен быть предварительно рукояткой 25 переведен в нерабочее положение, т. е. копирный блок необходимо отвести от опорного ролика.

Освободить защелку 2 (см. рис. 6.5) делительного приспособления и повернуть распределительный вал вручную до положения, при котором профиль подлежащего шлифованию кулачка совпадет с профилем соответствующего копира. Затем ввести защелку в паз делительного диска и окончательно закрепить регулировочными винтами хомутика ведущий палец делительного приспособления. На этом предварительная настройка станка закончена.

Перевести рукояткой 25 (см. рис. 6.3) поворотный стол в рабочее положение, при котором соответствующий шлифуемому кулачку копир войдет в контакт с опорным роликом.

Чтобы начать шлифование, необходимо включить станок (сначала изделие, затем шлифовальный круг) и маховиком 8 шлифовальной бабки медленно подвести шлифовальный круг к шлифуемому кулачку до появления первой искры. В случае неравномерного шлифования кулачка (набегающей или сбегаящей по отношению к шлифовальному кругу поверхностей) необходимо произвести точную настройку станка, т. е. добиться такого положения, при котором кулачок будет шлифоваться по всему профилю. Для этого с помощью регулировочных винтов хомутика, которые упираются в ведущий палец делительного приспособления, осуществляется поворот распределительного вала на несколько градусов в ту или иную сторону до более точного совпадения профиля кулачка с профилем копира.

Установить рукояткой 9 лимб 10 на нулевое деление и перешлифовать 2–3 кулачка до получения правильного их профиля.

При переходе от одного кулачка к другому того же назначения пользуются при настройке только делительным приспособлением. Переход же к кулачкам другого назначения требует перестановки опорного ролика в другое положение.

6. Измерить микрометром размеры перешлифованного кулачка H_1 и d_1 (см. рис. 6.2), определить высоту подъема клапана h_1 по формуле (6.2) и результаты записать в табл. 6.1. Сравнить полученную величину h_1 с техническими условиями на ремонт.

7. Привести рабочее место в порядок: очистить станок, сложить инструмент в ящик и сдать учебному мастеру.
8. Оформить и защитить отчет по лабораторной работе.

Содержание отчета

1. Наименование и цель работы.
2. Общие сведения о процессе восстановления кулачков и опорных шеек распредвала.
3. Последовательность выполнения работы.
4. Таблица измерений кулачков распределительного вала до и после шлифования.
5. Расчет высоты подъема клапана и необходимые при этом эскизы, схемы.
6. Анализ полученных результатов и заключение о выполненной работе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Афанасиков, Ю. И. Проектирование моечно-очистного оборудования авторемонтных предприятий / Ю. И. Афанасиков. – М. : Транспорт, 1987. – 176 с.
2. Восстановительные технологии : практикум для студентов специальностей 1-37 01 06 «Техническая эксплуатация автомобилей (по направлениям)» и 1-37 01 07 «Автосервис» / сост.: В. С. Ивашко, В. А. Лойко. – Минск : БНТУ, 2018. – 83 с.
3. Восстановление деталей машин : справочник / Ф. И. Пантеленко [и др.] ; под ред. В. П. Иванова. – М. : Машиностроение, 2004. – 682 с.
4. Автомобильные транспортные средства. Валы коленчатые двигателей. Общие технические требования и методы испытаний : ГОСТ Р 53444-2009. – Введ. 01.06.2010. – М. : Стандартинформ, 2009. – 8 с.
5. Двигатели автомобильные. Гильзы цилиндров. Технические требования и методы испытаний : ГОСТ Р 53809-2010. – Введ. 15.09.2010. – М. : Стандартинформ, 2010. – 16 с.
6. Дюмин, И. Е. Ремонт автомобилей / И. Е. Дюмин, Г. Г. Трегуб; под ред. И. Е. Дюмина. – М. : Транспорт, 1998. – 280 с.
7. Карагодин, В. И. Ремонт автомобилей и двигателей / В. И. Карагодин, Н. Н. Митрохин. – М. : Высшая школа, 2001. – 496 с.
8. Научные исследования и решение инженерных задач : учебное пособие / М. М. Болбас [и др.]. – Минск : Адукацыя і выхаванне, 2003. – 416 с.
9. Оборудование технического обслуживания автотранспортных средств / В. С. Ивашко [и др.]. – Минск : Адукацыя і выхаванне, 2016. – 368 с.
10. Основы проектирования ремонтно-технологического оборудования и оснастки / С. К. Карпович [и др.]. – М. : БГАТУ, 2009. – 92 с.
11. Ремонт автомобилей : учебное пособие / сост.: В. П. Шеянов. – Омск : Омгкпт, 2006. – 136 с.
12. Савич, А. С. Восстановительные технологии при ремонте автомобилей / А. С. Савич, В. С. Ивашко, В. П. Иванов. – Минск : Адукацыя і выхаванне, 2013. – 528 с.
13. Спецвопросы ремонта автомобилей : учеб.-метод. пособие / В. С. Ивашко [и др.]. – Минск : БНТУ, 2017. – 104 с.

14. Ивашко, В. С. Средства технического обслуживания и ремонта автомобилей : практикум для обучающихся по специальности 1-37 01 06 «Техническая эксплуатация автомобилей (по направлениям)» и 1-37 01 07 «Автосервич» / В. С. Ивашко, В. А. Лойко. – Минск : БНТУ, 2021. – 44 с.

15. Вода питьевая. Общие требования к организации и методам контроля качества : СТБ 1188-99. – Введ. 30.12.1999. – Минск : Госстандарт : Белорус. Гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2006. – 23 с.

16. Таратута, А. И. Прогрессивные методы ремонта машин : учебное пособие / А. И. Таратута, А. А. Сверчков. – Минск : Ураджай, 1986. – 376 с.

17. Техническое обслуживание и ремонт автомобилей: механизация и экологическая безопасность производственных процессов : учебное пособие / В. И. Сарбаев [и др.]. – Ростов н/Д : Феникс, 2004. – 448 с.

18. Технологические процессы восстановления деталей : лабораторный практикум / сост. : Г. И. Анискович [и др.]. – Минск : БГАТУ, 2012. – 248 с.

19. Станция мойки автотранспорта с замкнутым водооборотным циклом водоснабжения производительностью 2,5–3,0 м³/ч. Типовой проект 503-3-36.94. – Ростов н/Д : Озон, 1994. – 30 с.

20. Ярошевич, В. К. Коленчатые валы автомобильных двигателей / В. К. Ярошевич, М. А. Белоцерковский, Е. Л. Савич. – Минск : БНТУ, 2004. – 176 с.

Учебное издание

ЛОЙКО Владимир Алексеевич
ГУРСКИЙ Александр Станиславович

ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Учебно-методическое пособие
для студентов специальностей 1-37 01 06
«Техническая эксплуатация автомобилей (по направлениям)»,
1-37 01 07 «Автосервис»

Редактор *Н. Ю. Казакова*
Компьютерная верстка *Е. А. Беспанской*

Подписано в печать 06.09.2022. Формат 60×84 ¹/₁₆. Бумага офсетная. Ризография.
Усл. печ. л. 4,82. Уч.-изд. л. 3,77. Тираж 100. Заказ 385.

Издатель и полиграфическое исполнение: Белорусский национальный технический университет.
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя
печатных изданий № 1/173 от 12.02.2014. Пр. Независимости, 65. 220013, г. Минск.