

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БРЕСТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
КАФЕДРА МАШИНОСТРОЕНИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИИ АВТОМОБИЛЕЙ

**ВОССТАНОВЛЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ АВТОМОБИЛЯ
ПОД РЕМОНТНЫЙ РАЗМЕР**

**Методические указания к лабораторным работам
по дисциплинам «Технология производства и ремонта
автомобилей» и «Восстановительные технологии»
для студентов специальностей 1-37 01 06
«Техническая эксплуатация автомобилей»
и 1-37 01 07 «Автосервис»**

Брест 2023

В методических указаниях приведены основные теоретические сведения по теме «Восстановление деталей двигателя внутреннего сгорания автомобиля под ремонтный размер», приведены подробные рекомендации по выполнению лабораторных работ на данную тему, а также требования к содержанию и оформлению отчета. Методические указания предназначены для студентов специальностей 1-37 01 06 «Техническая эксплуатация автомобилей» и 1-37 01 07 «Автосервис».

Составители: Ю. Н. Саливончик, старший преподаватель кафедры машиностроения и эксплуатации автомобилей;
В. А. Сокол, старший преподаватель кафедры машиностроения и эксплуатации автомобилей;
А. Н. Парфиевич, доцент кафедры прикладной механики;
С. В. Савчук, доцент кафедры машиностроения и эксплуатации автомобилей

Рецензент: А. А. Гатылюк, главный технолог СП ОАО «Брестгазоаппарат»

Теоритические сведения

Для ремонта деталей автомобиля часто используют восстановление под ремонтный размер. При этом способе добиваются правильности геометрической формы и шероховатости поверхностей деталей без сохранения начальных размеров. При помощи механической обработки изношенный поверхностный слой детали удаляется и деталь получает новый размер – ремонтный, больший или меньший номинального (начального). Так как механической обработкой начальные размеры изменяются в сторону износа (в тело детали), использовать в качестве сопряженных новые детали с начальными размерами нельзя. Сопряженные детали должны иметь также новые ремонтные размеры применительно к восстанавливаемой основной детали. Это достигается постановкой при сборке сопряжений новых запасных деталей соответствующих ремонтных размеров, выпускаемых промышленностью, или восстановлением детали с приданием ей размера применительно к ремонтным размерам основной сопряженной детали.

Так как ремонтные размеры вала и отверстия, как правило, находятся в тех же интервалах, что и номинальные размеры вала и отверстия, допуски на их обработку остаются теми же. Подсадка сопряжений деталей при этом восстанавливается до начального значения. При изготовлении же промышленностью ремонтные размеры соответствующих деталей класса валов увеличиваются, а отверстий уменьшаются. В связи с этим в авторемонтном производстве используются детали трех видов ремонтных размеров, которые условно можно назвать так: **стандартные**, выпускаемые промышленностью, **регламентированные**, установленные техническими условиями на ремонт, сборку и испытание автомобилей и **свободные**.

Стандартные ремонтные размеры широко используются для таких деталей, как поршни, поршневые кольца, поршневые пальцы, толкатели, тонкостенные вкладыши. Указанные детали ремонтных размеров выпускаются автотехнической промышленностью и заводами по производству запасных частей и широко используются ремонтными предприятиями. Применительно к стандартным ремонтным размерам перечисленных деталей ремонтные предприятия производят восстановление сопряженных деталей: цилиндров блока, коленчатых валов, направляющих отверстий под толкатели и т. п.

Регламентированные ремонтные размеры предусматриваются техническими условиями на восстановление ряда деталей, например, кулачковых валов (шейки) и их втулок, клапанов и их направляющих, шкворней и других деталей.

При обработке деталей под стандартные и регламентированные ремонтные размеры приходится снимать не только дефектный поверхностный слой металла, образовавшийся в результате износа, и восстанавливать геометрическую форму детали, но и вести механическую обработку, пока не будет достигнут ремонтный размер детали.

Свободные ремонтные размеры предусматривают обработку до получения правильной геометрической формы и шероховатости поверхности деталей; в зависимости от характера и величины их износа детали могут

получить различные размеры. Сопряженная деталь подгоняется к восстановленной до свободного ее размера. Таким образом, сборка сопряжений со свободными ремонтными размерами связана с методом подгонки и применяется в мелкосерийном и индивидуальном ремонтных производствах. При свободных ремонтных размерах заранее изготовить детали с окончательными размерами нельзя. Они могут быть изготовлены в полуобработанном виде, как полуфабрикат, с припуском на окончательную подгонку их по месту.

Преимущество стандартных ремонтных размеров перед свободными заключается в том, что они позволяют заранее иметь детали готовыми и осуществлять ремонт методом частичной взаимозаменяемости, что сокращает продолжительность ремонта.

Новый ремонтный размер, сообщаемый детали, зависит от ее износа и припуска на обработку. Износ устанавливается обмером детали соответствующим инструментом. Припуск на обработку назначается с учетом характера обработки, типа оборудования, размера и материала детали. Задавая припуск на обработку, следует иметь в виду искажение геометрической формы детали. Припуск должен способствовать получению правильной геометрической формы изношенной детали после механической обработки, без следов износа на ее рабочей поверхности. Неудаленные с поверхности детали риски, царапины и микроскопические трещины могут явиться очагами усталостного разрушения детали, работающей при знакопеременных нагрузках.

Последний ремонтный размер обуславливается предельно возможным размером поверхности, дальнейшее уменьшение которого не допускается. Предельно допустимые размеры отдельных деталей определяются прочностью детали, глубиной цементационного или поверхностно-закаленного слоя. Так, предельно допустимый размер цилиндра определяется прочностью его стенки, предельно допустимый размер шейки коленчатого вала – ростом удельного давления на шейку (прочность вала), снижением толщины поверхностно-закаленного слоя, а следовательно, и твердости, а также ухудшением работы подшипника скольжения (вкладыша) из-за возросшей толщины баббитового слоя.

Количество ремонтных размеров выражается следующей зависимостью:

$$n = \frac{d_{\text{ном}} - d_{\text{прп}}}{w} \quad (1)$$

Здесь разность начального и предельного диаметров выражает уменьшение диаметра шейки вала без нарушения его прочности за все ремонты. Уменьшение же диаметра шейки за один ремонт в результате износа и припуска на обработку выражается через w и называется ремонтным интервалом

$$w = 2(u + a). \quad (2)$$

Совершенно аналогично определяются ремонтные размеры для отверстий, только в выражении для них вместо минус будет плюс, а количество ремонтных размеров

$$n = \frac{D_{\text{max}} - D_{\text{ном}}}{w} \quad (3)$$

где D_{max} – максимально допустимый диаметр отверстия, мм.

Выбор способа обработки деталей под ремонтные размеры зависит от материала и термической обработки детали, от износа, припуска на обработку и наличия станочного оборудования.

При восстановлении деталей способом ремонтных размеров приходится снимать в большинстве случаев небольшие припуски, т. е. вести механическую обработку при небольшой глубине и малых сечениях стружки. Поэтому операции механической обработки под ремонтный размер являются по существу чистовыми. Износостойкость деталей, восстановленных данным способом, зависит преимущественно от качества поверхности после механической обработки.

Обработку детали под ремонтный размер необходимо вести в конце технологического процесса после слесарных и других операций, например, правки, восстановления резьб, заварки трещин и т. п. Обработка деталей под ремонтный размер в конце технологического процесса позволит устранить такие возможные деформации детали, как небольшой прогиб или коробление и предохранить чисто обработанные поверхности от повреждений.

Восстановление деталей под ремонтный размер является широко распространенным и общедоступным способом и наиболее дешевым по сравнению с другими способами. Однако способ ремонтных размеров имеет и существенные недостатки. Основным недостатком является нарушение взаимозаменяемости деталей, которая сохраняется лишь в пределах данного ремонтного размера.

При большом числе ремонтных размеров контроль-сортировка деталей при дефектации усложняется, так как необходимо иметь большой набор предельного мерительного инструмента. Сборка узлов и агрегатов в известной мере также усложняется, так как необходимо предварительное комплектование деталей. Складские запасы деталей неизбежно увеличиваются.

Лабораторная работа 1

Тема: Дефектация и восстановление коленчатого вала двигателя внутреннего сгорания под ремонтный размер

Цель работы: – изучение возможных дефектов коленчатых валов;

– изучение методов определения дефектов коленчатого вала;

– получение практических навыков в определении дефектов коленчатого вала;

– определение ремонтных размеров шеек вала для его последующего восстановления;

– выбор оборудования и абразивного инструмента, а также расчет режимов резания для обработки шеек вала.

Оборудование: – микрометр гладкий МК 25-50 (ГОСТ 6507-90);

– штангенциркуль ШЦ-II-250-0,1 (ГОСТ 166-89);

– коленчатый вал двигателя ВАЗ 210 с признаками износа.

ХОД РАБОТЫ

Конструкторско-технологическая характеристика детали

Коленчатый вал – пятиопорный (двигатель рядный 4-цилиндровый), предназначен для преобразования поступательного движения поршней двигателя во вращательное движение первичного вала коробки переключения скоростей. Поверхности шеек вала закалены токами высокой частоты на глубину 2–3 мм. В заднем конце коленчатого вала выполнено гнездо под передний подшипник первичного вала коробки передач, по наружному диаметру которого центрируется маховик (рисунок 1).

Шатунные и коренные шейки коленчатого вала соединяются каналами, по которым подводится масло для смазки шатунных подшипников. Технологические выходы каналов закрыты колпачковыми заглушками, которые запрессованы и для надежности зачеканены в трех точках.

Для продления срока службы коленчатого вала предусмотрена возможность перешлифовки шеек коленчатого вала при износе или повреждении их поверхностей. Шлифованием диаметры шеек уменьшаются на 0,25; 0,5; 0,75 и 1,00 мм (1-й, 2-й, 3-й и 4-й ремонтный размеры соответственно).

Требования к точности размеров: в пределах квалитетов IT 4 — IT 5 для шеек валов и квалитетов IT 6 — IT 7 для остальных конструктивных элементов. Отклонения формы и расположения не должны выходить за пределы поля допуска 5-го квалитета. Отклонения радиуса кривошипа не должны превышать значения $\pm 0,05$ мм. Шероховатость поверхностей шеек не грубее $R_a = 0,32$ мкм. Коленчатые валы должны быть динамически сбалансированы.

Установочными базами при изготовлении и ремонте служат фаски центровых отверстий в переднем хвостовике и заднем фланце вала.

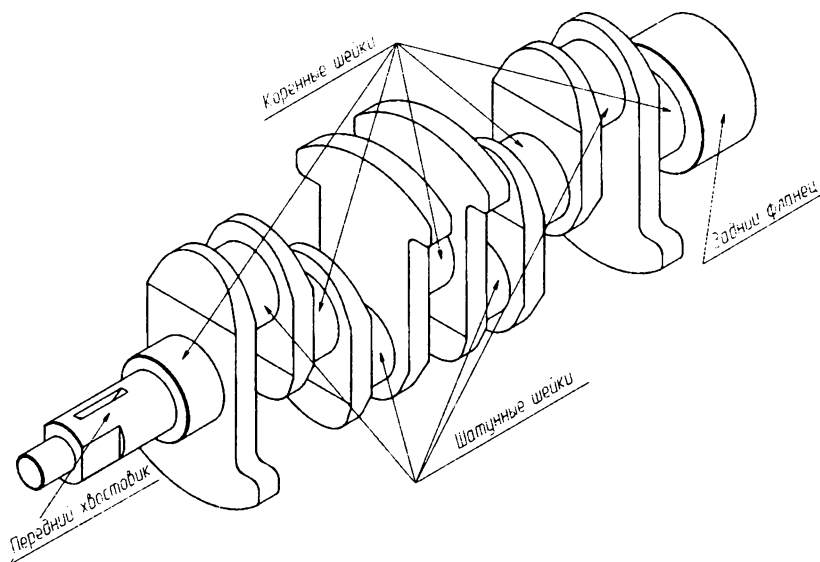


Рисунок 1 — Основные конструктивные элементы коленчатого вала двигателя автомобиля ВАЗ

Вид и характер дефектов

В процессе работы на коленчатый вал воздействуют силы трения, вибрация, знакопеременные нагрузки, изменения температуры работы и др. Это вызывает появление:

- а) износа шеек (изменяются как размеры, так и форма поверхностей);
- б) нарушения качества поверхности шеек (задиры, риски, коррозия);
- в) механические повреждения (трещины, срыв резьбы, замятие шпоночных канавок);
- г) износ поверхностей, воспринимающих усилие в осевом направлении (проточки под упорные полукольца);
- д) износ посадочных поверхностей под маховик, шкивы, подшипник первичного вала коробки передач;
- е) нарушение качества (износ) поверхностей под сальниковые уплотнения;
- ж) отклонение расположения шеек: изгиб, скручивание коленчатого вала.

Способы выявления дефектов.

Первоначально для выявления дефектов контролируемой детали производится визуальный осмотр для выявления видимых и явно критичных повреждений.

Износ шеек и посадочных поверхностей вала контролируется с помощью микрометров с ценой деления 0,001 и 0,01 мм. Поскольку износ шеек коленчатого вала неравномерный, то их диаметр необходимо контролировать в двух взаимно перпендикулярных плоскостях (рисунок 2).

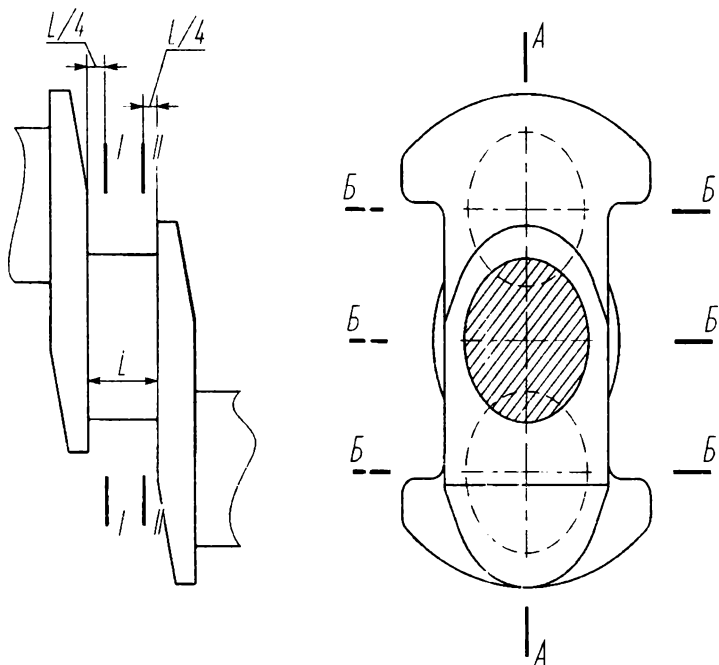


Рисунок 2 — Схема измерения диаметров шеек коленчатых валов

Скрытые дефекты (трещины) определяются при помощи люминесцентных, магнитных или ультразвуковых дефектоскопов. При обнаружении на коленчатом валу трещин, необходимо заменить его новым.

Проверка биения поверхностей вала осуществляется в призмах индикатором часового типа (рисунок 3), при этом определяется:

- биение коренных шеек (максимально допустимое 0,03 мм);
- биение посадочных поверхностей под звездочку и подшипник первичного вала коробки передач (максимально допустимое 0,04 мм);
- смещение осей шатунных шеек от плоскости, проходящей через оси шатунных и коренных шеек (максимально допустимое $\pm 0,35$ мм);
- неперпендикулярность по отношению к оси коленчатого вала торцевой поверхности фланца. При проворачивании вала индикатор, установленный сбоку на расстоянии 34 мм от оси вала, не должен показывать биения более 0,025 мм.

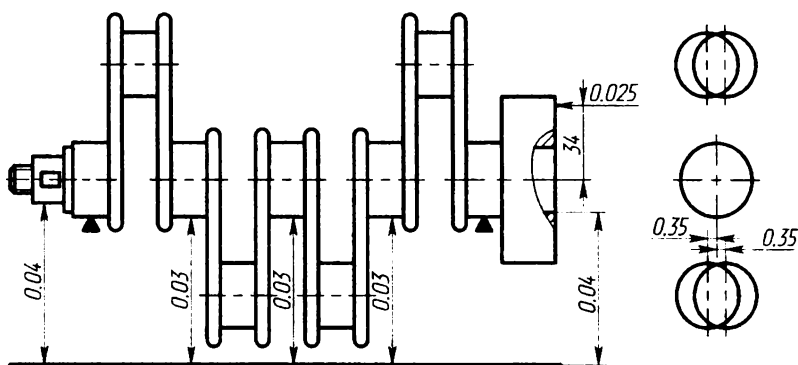


Рисунок 3 — Допустимые биения поверхностей коленчатого вала

Радиусы кривошипов определяются с помощью штангенрейсмаса при установке вала в центрах.

Определение ремонтных размеров

При способе восстановления путем пригонки под ремонтный размер одну из изношенных деталей сопряжения подвергают механической обработке, придавая ей заданный ремонтный размер и устраняя при этом искажения геометрической формы, дефекты поверхности (риски, задиры), обеспечивают необходимую шероховатость. Другую деталь сопряжения заменяют новой, необходимого ремонтного размера. В коленчатом вале в ремонтные размеры восстанавливают коренные и шатунные шейки, а для восстановления посадки используют вкладыши ремонтных размеров. Ремонтный размер шейки вала определяют по следующей формуле:

$$D_p = D_{\text{ном}} - 2U - Z_{\text{min}}, \quad (4)$$

где $D_{\text{ном}}$ — номинальный диаметр новой шейки вала, мм;

U — величина максимального износа на сторону, мм;

Z_{min} — минимальный припуск на механическую обработку (на диаметр), мм.

Однако на практике детали изнашиваются неравномерно, поэтому определить их максимальный износ на сторону без специального приспособления или инструмента невозможно. Для определения износа на сторону коренных шеек коленчатого вала потребовалось бы использовать приспособление с центрами, а для шатунных шеек — с центросместителями.

Поэтому при контроле износа коленчатого вала определяют максимальный износ на диаметр U_{max} . Для этого универсальным измеритель-

ным инструментом (для шеек коленчатого вала — микрометром) измеряют диаметр в максимально изношенных местах (D_{min}), а затем, зная их номинальное значение, вычисляют износ: U_{max} :

$$U_{max} = D_{ном} - D_{min}, \quad (5)$$

где D_n , D_{min} — номинальный и минимальный диаметр измеряемой шейки вала соответственно, мм.

Соотношение износа на сторону U и максимального износа на диаметр U_{max} можно выразить через коэффициент неравномерности износа:

$$\beta = \frac{U}{U_{max}}. \quad (6)$$

При равномерном износе $U = 0,5U_{max}$, тогда $\beta = 0,5$; при одностороннем износе $U = U_{max}$, а $\beta = 1$. Таким образом, $\beta = 0,5 \dots 1,0$. Для шеек коленчатого вала величина неравномерности износа принимается равной 0,6. С учетом соотношения (6) формула (4) принимает вид:

$$D_p = D_{ном} - 2U_{max} \cdot \beta - Z_{min}. \quad (7)$$

Определенный таким образом ремонтный размер округляют до ближайшего меньшего (т. е. в сторону увеличения припуска) стандартного ремонтного размера. Если для разных шеек коленчатого вала по расчетам получаются различные ремонтные размеры, то необходимо принять единый размер по наименьшему из них.

Восстановление размеров шеек коленчатых валов

Коренные и шатунные шейки шлифуют на круглошлифовальном станке, уменьшая диаметр на 0,25 мм таг, чтобы получить, в зависимости от степени износа, диаметры, соответствующие значениям, приведенным в таблице 1, а радиусы галтелей шеек должны находиться в следующих пределах: для коренных шеек — 2,8–3 мм; для шатунных шеек — 2,7–3 мм.

Таблица 1 — Номинальные и ремонтные размеры шеек коленчатого вала двигателя автомобиля ВАЗ 2101

Шейка	Номинальный размер, мм	Ремонтный размер, мм			
		I	II	III	IV
коренная	50,775-0,013	50,525-0,013	50,275-0,013	50,025-0,013	49,775-0,011
шатунная	47,814-0,011	47,564-0,011	47,314-0,011	47,064-0,011	46,814-0,011

После шлифования и последующей доводки шеек коленчатый вал промывается для удаления остатков абразива. Каналы для смазки с удаленными заглушками несколько раз промываются бензином под давлением. На первой щеке коленчатого вала маркируется величина уменьшения коренных и шатунных шеек (например, А 0,25; Ш 0,5).

Овальность и конусность коренных и шатунных шеек после шлифования должны быть не более 0,007 мм.

Разработку режимов резания при шлифовании начинают с установле-

ния характеристики инструмента. Инструмент выбирают по данным, приведенным в приложениях А – Р. Окончательная характеристика абразивного инструмента выявляется в процессе пробной эксплуатации с учетом конкретных технологических условий.

Основные параметры резания при шлифовании:

- скорость вращательного или поступательного движения заготовки V_3 , м/мин;

- глубина шлифования t , мм – слой металла, снимаемый периферией или торцом круга в результате поперечной подачи на каждый ход или двойной ход при круглом или плоском шлифовании и в результате радиальной подачи S_p при врезном шлифовании;

- продольная (радиальная) подача S (S_p) – перемещение шлифовального круга в направлении вдоль (перпендикулярно) его оси в миллиметрах на один оборот заготовки при круглом шлифовании или в миллиметрах на каждый ход стола при плоском шлифовании периферией круга (приложение П);

- эффективная мощность, кВт, определяется по следующим формулам:

а) при шлифовании периферией круга с продольной подачей

$$N = C_N \cdot V_3^r \cdot t^x \cdot S^y \cdot d^q, \text{ кВт}; \quad (8)$$

б) при врезном шлифовании периферией круга

$$N = C_N \cdot V_3^r \cdot S_p^y \cdot d^q \cdot b^z, \text{ кВт} \quad , \quad (9)$$

где d – диаметр шлифования, мм

b – ширина шлифования, мм, равная длине шлифуемого участка заготовки при круглом врезном шлифовании и поперечному размеру поверхности заготовки при шлифовании торцом круга.

Значения коэффициента C_N и показателей степени в формулах приведены в приложении Р.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Изучить конструктивные элементы коленчатого вала, технологические требования к ним, характер воспринимаемых нагрузок, агрессивность среды, вид и характер дефектов, способы и средства дефектации, методы устранения дефектов.

2. Произвести осмотр коленчатого вала. Установить наличие, места расположения и характер отколов, рисков, задиров, выработки и других видимых дефектов. Проверить состояние фасок центровых отверстий. Результат осмотра записать в отчёт.

3. Определить диаметры коренных шеек микрометром. Измерения каждой шейки вести в поясах I—I и II—II и двух взаимно перпендикулярных плоскостях А — А и Б — Б (рисунок 2). Плоскость А — А для всех коренных шеек берется в плоскости кривошипа первой шатунной шейки. Результаты измерений занести в таблицу 2.

Таблица 2 – Сводная таблица результатов измерений коленчатого вала и расчетов

Шейка	Сечение	$D_{изм}$, мм	U_{max} , мм	$\Delta_{ов}$, мм	$\Delta_{кон}$, мм	D_p , мм	$D_{прин}$, мм
1	2	3	4	5	6	7	8
коренные	1	I – А					
		I – Б					
		II – Б					
		II – А					
	...	...					
	5	I – А					
		I – Б					
		II – Б					
		II – А					
	...	...					
шатунные	1	I – А					
		I – Б					
		II – Б					
		II – А					
	...	...					
	4	I – А					
		I – Б					
		II – Б					
		II – А					
	...	...					

4. Определить величину максимального износа для каждой шейки U_{max} по формуле (5). При этом в качестве диаметра D_{min} принять наименьший из замеренных для данной шейки диаметров.

5. Определить овальность и конусообразность каждой шейки:

$$\Delta_{ов} = |D_{I-A} - D_{I-B}|, \text{ мм} \quad (10)$$

$$\Delta_{ов} = |D_{II-A} - D_{II-B}|, \text{ мм} \quad (10a)$$

$$\Delta_{кон} = |D_{I-A} - D_{II-A}|, \text{ мм} \quad (11)$$

$$\Delta_{кон} = |D_{I-B} - D_{II-B}|, \text{ мм} \quad (11a)$$

Для каждой шейки получить по два значения овальности и конусообразности.

6. Определить величину одностороннего износа $U = U_{max} \cdot \beta$, приняв $\beta = 0,6$. Определить величину ремонтного размера по формуле (7), приняв значение припуска на шлифование $Z_{min} = 0,05$ мм. Принять ближайший меньший регламентированный ремонтный размер $D_{прин}$ из таблицы 1.

7. Повторить п. 3 – 6 для шатунных шеек коленчатого вала. Результаты занести в таблицу отчёта (см. таблицу 2).

8. В случае возможности восстановления коленчатого вала по таблицам приложений (А – Р) произвести выбор шлифовального станка, режущего инструмента, назначить режимы резания и рассчитать мощность резания при обработке коренных и шатунных шеек вала (формула 9).

9. Сделать выводы о проделанной работе.

ОФОРМЛЕНИЕ ОТЧЕТА

Отчет по лабораторной работе оформляется на листах формата А4 и должен содержать:

- 1) название, цель работы и необходимое оборудование;
- 2) эскиз коленчатого вала с указанием точек замера основных геометрических параметров (см. рисунок 2);
- 3) результаты измерений и расчётов ремонтных размеров (таблица 2);
- 4) выводы о возможности восстановления измеренного коленчатого вала;
- 5) выбранное оборудование, инструмент и режимы резания, необходимые для восстановления коленчатого вала;
- 6) выводы о проделанной работе.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Перечислите основные конструктивные элементы коленчатого вала и возможные его дефекты.
2. Какие параметры характеризуют состояние шеек коленчатого вала?
3. Как проверить коленчатый вал на биение шеек?
4. Как определить значение ремонтного размера для шеек коленчатого вала?
5. Как восстанавливают дефектованные коленчатые валы?

Лабораторная работа 2

Тема: Определение износа поршневых отверстий блока цилиндров и разработка методов их восстановления

Цель работы: Сформировать знания и умения по оценке износа поршневых отверстий блока цилиндров двигателя внутреннего сгорания и разработке операций их восстановления под стандартный ремонтный размер.

Оборудование: блок цилиндров двигателя ВАЗ 2101 со следами эксплуатации; штангенциркуль ШЦ-I-160-0,1 (ГОСТ 166-89); нутромер НИ 50-100-1 (ГОСТ 868-82) микрометр МК100-1 (ГОСТ 6507-90)

ХОД РАБОТЫ

Краткие теоретические сведения

Блок цилиндров автомобиля ВАЗ-2101 является базовой деталью двигателя и служит для установки и крепления механизмов, аппаратов и вспомогательных агрегатов двигателя. Он отлит из специального низколегированного чугуна.

Цилиндры блока по диаметру подразделяются через 0,01 мм на пять классов, обозначаемых буквами А, В, С, D, Е. Диаметры цилиндров, соответствующие этим классам, следующие: класс Диаметр цилиндра двигателей 2101: А 76,000 – 76,010; В 76,010 – 76,020; С 76,020 – 76,030; D 76,030 – 76,040; Е 76,040 – 76,050. Класс цилиндра указан на нижней плоскости блока против каждого цилиндра. Цилиндр и сопрягающийся с ним поршень должны иметь одинаковый класс. При ремонте цилиндры могут быть механически доведены до двух ремонтных размеров (на 0,4; 0,8 мм от номинала) под увеличенный диаметр поршней с учетом обеспечения зазора между поршнем и цилиндром 0,06–0,07 мм.

Виды дефектов блока цилиндров

В процессе работы двигателя на блок цилиндров и гильзы воздействуют силы трения, внутренние напряжения в металле, вибрация, агрессивность сред и другие факторы. Всё это приводит к износам, отклонениям от расположения, отклонениям от правильной формы, нарушениям качества поверхности (задиры, риски, коррозия), механическим повреждениям (трещины, отколы, дефекты резьбы).

При сгорании топлива в верхней части отверстия резко повышаются температура и давление газов. Газы проникают под поршневые кольца, что повышает их давление на поверхность отверстия. Под действием высокой температуры ухудшаются условия смазки, так как происходит разжижение масляной пленки. Кроме того, смазка частично смывается рабочей смесью. При сгорании топлива образуются газы, содержащие углекислые и сернистые соединения. Эти газы с парами воды образуют серную и угольную кислоты, которые создают условия для коррозионного износа.

Причиной появления овальности рабочей поверхности является неравномерное давление поршня на стенки гильзы. В плоскости, перпендикулярной к оси поршневого пальца, это давление больше, поэтому и износ поршневого отверстия в этой плоскости, как правило, выше. Овальности способствуют также деформации блока цилиндров из-за неправильной затяжки болтов крепления головки цилиндров и неравномерного нагрева блока цилиндров.

Восстановление гильз и цилиндров

Износ, механические и коррозионные повреждения устраняют обработкой деталей под ремонтный размер (РР) или постановкой дополнительных ремонтных деталей (ДРД), заваркой в среде аргона, а также синтетическими материалами. Деформации различного характера устраняют слесарно-механической обработкой.

В практике ремонта наибольшее распространение получил способ восстановления изношенных отверстий блока цилиндров двигателя обработкой под ремонтный размер. Этот способ состоит из расточной и хонинговальной операций.

Растачивание цилиндров

Расточка производится на вертикальных расточных станках различных моделей, например ROBBI SIRIO CL (рисунок 4) и многошпиндельных полуавтоматах.

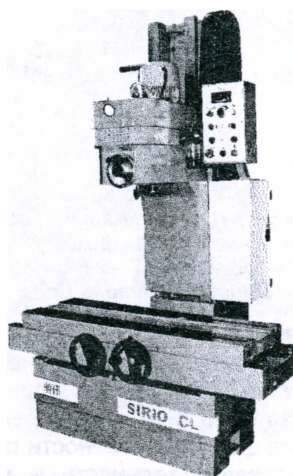


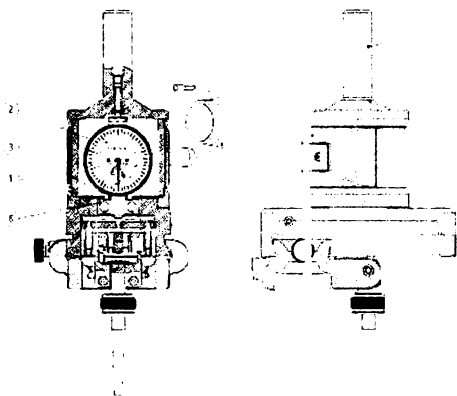
Рисунок 4 – Вертикально-расточной станок ROBBI SIRIO CL для расточки блоков цилиндров

Вертикальный расточный станок модели ROBBI SIRIO CL с подвижным столом предназначен для тонкой ремонтной расточки блоков цилиндров и гильз автомобильных, тракторных и мотоциклетных двигателей, а также для сверления, подрезки торцов и расточки отверстий в отдельных деталях.

Основание является основной базовой деталью, на которой устанавливаются все остальные узлы станка. Оно выполнено за одно целое со столом, имеет сверху привалочную плоскость, к которой крепятся колонна, коробки скоростей и подачи, а также электродвигатель и панель управления (технические характеристики расточного станка модели ROBBI SIRIO CL приведены в приложении С).

Блок цилиндров устанавливают на столе станка, а гильзы — в приспособление, которое крепится на столе. Эксцентриситет осей шпинделя и цилиндра не должен превышать 0,03 мм.

Для предварительной центровки приспособления или блока цилиндров применяют шариковую оправку, а величину погрешности центровки проверяют индикаторным центроискателем (рисунок 5).



1 – ковер (вращающаяся опора); 2 – индикатор часового типа; 3 – пружина;
4 – магнитный фиксатор; 5 – магнитная фиксирующая катушка со струной;
6 – подшипник; 7 – хвостовик

Рисунок 5 – Центроискатель Centricator CIII-S

После установки обрабатываемой детали на рабочем столе станка, а также закрепив ее, настраивают резцовую головку на обрабатываемый размер отверстия и располагают оправку в шпинделе.

Режим резания должен обеспечить выполнение требований чертежа по шероховатости зеркала цилиндра, точности размера, формы и расположения, наивысшую производительность и минимальную себестоимость работы. Рекомендуемые режимы резания при растачивании приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Рекомендуемые режимы резания при растачивании поршневых отверстий

Обрабатываемый материал	Глубина резания, мм	Подача, мм/об	Скорость резания, мм/мин	Материал инструмента
Чугун HB 149...163 HB 156...229 HB 170...241	0,1 – 0,15	0,06 – 0,2*	150 – 200 120 – 150 100 – 120	ВК3

* - Меньшие параметра шероховатости соответствуют меньшим подачам

Доводка поверхностей цилиндра хонингованием

Требуемые шероховатость, точность размера и форма зеркала цилиндра могут быть достигнуты хонингованием.

Хонингование (рисунок 6) позволяет успешно решать ряд технологических задач, к числу которых относятся: получение высокой точности размера и формы (до 6 качества) и малой шероховатости обрабатываемых поверхностей ($Ra = 0,32 \text{ мкм}$).

Хонингование ведется при обильной подаче смазочно-охлаждающей жидкости (СОЖ) в зону резания для удаления стружки и продуктов износа с поверхности брусков и с обрабатываемой поверхности. Кроме того, СОЖ отводит часть выделяющегося при резании тепла, оказывает смазывающее воздействие, способствует улучшению условий резания.

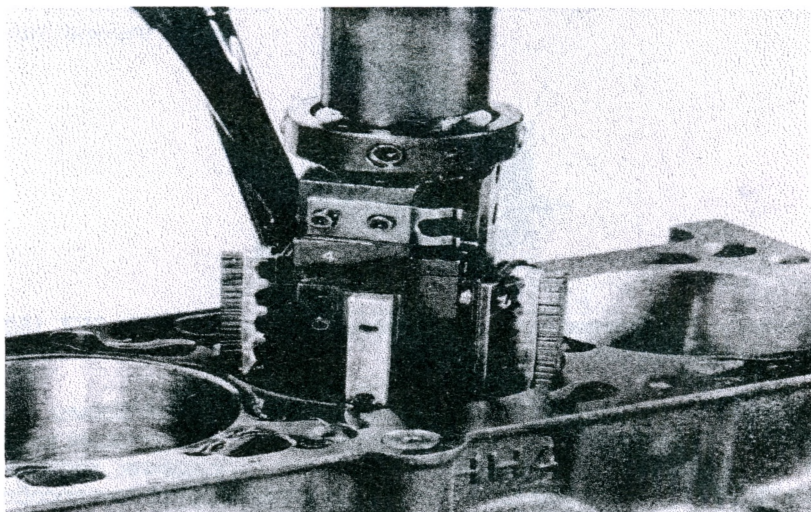


Рисунок 6 – Процесс хонингования отверстий блока цилиндров двигателя внутреннего сгорания

Абразивный брусок характеризуется видом абразивного материала, зернистостью, твердостью, структурой, видом связки, классом точности, типом и габаритными размерами. Тип и размеры абразивных брусков выбирают по ГОСТ 33534-2015 в зависимости от выполняемой операции формы и размеров обрабатываемого отверстия.

Основные параметры режима хонингования приведены в таблице 4.

Для хонингования чугуна в качестве СОЖ применяют керосин с добавлением 10...20 % инструментального масла И12А.

Процесс хонингования отверстий блока цилиндров может быть реализован на хонинговальном станке модели ROBBI SET 150-E (рисунок 7). Он предназначен для окончательной обработки отверстий блока цилиндров и гильз двигателя внутреннего сгорания.

Таблица 4 – Режимы резания при хонинговании поршневых отверстий

Обрабатываемый материал	Характер обработки	Припуск на диаметр, мм	Абразивные бруски	Тип бруска	Размер бруска, мм	$V_{ок}$, м/мин	$V_{вп}$, м/мин
Чугун	Предварительная	0,04...0,08	64С 1 ОП СТ2-Т-27 К5А	БКв	$B = 10...13$ $L = 100, 125, 150$	40...80	17...22
	Окончательная	0,005...0,01	64СМ20- М28ПСТ2 Т26К52	БКв		30...50	10...15

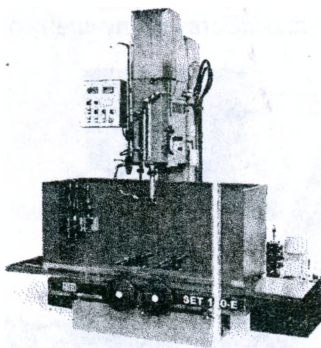
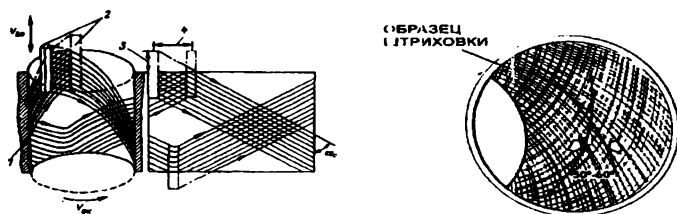


Рисунок 7 – Вертикально-хонинговальный станок ROBBI SET 150-E для хонингования блоков цилиндров

Основание станка представляет собой плиту коробчатой формы, внутренняя полость которой является резервуаром для охлаждающей жидкости. На основании расположены электронасос охлаждения, колонна и фильтр. На верхней рабочей плоскости устанавливаются приспособления для фиксации гильз или блоков.

На колонне расположены: привод вращения шпинделя, привод возвратного поступательного движения хонинговальной головки, пульт управления.



1 – деталь; 2 – брусок; 3 – перебег; 4 – перекрытие ($V_{ок}$ – окружная скорость, $V_{вп}$ – скорость возвратно-поступательного движения, α_c – угол сетки)

Рисунок 8 – Схема движений бруска и детали при хонинговании

Порядок выполнения работы:

1. Определить состояние конструктивных элементов блока цилиндров:

1.1 Осмотром установить наличие выбраковочных признаков рубашки охлаждения и верхнего картера, а при их отсутствии – места расположения и характер (длина, площадь, глубина и т. д.) трещин, отколов, задиrow и других видимых повреждений.

1.2 При отсутствии по итогам осмотра оснований для выбраковки блока цилиндров определить состояние конструктивных элементов поршневых отверстий детали:

а) с помощью индикаторного нутромера замерить диаметр отверстий в поясах I–I, II–II и III–III (рисунок 9) и взаимно перпендикулярных плоскостях цилиндра А–А и Б–Б. Пояс I–I располагают ниже выработки от верхнего поршневого кольца, II–II – посередине отверстия, III–III – на 20 мм выше нижнего торца.

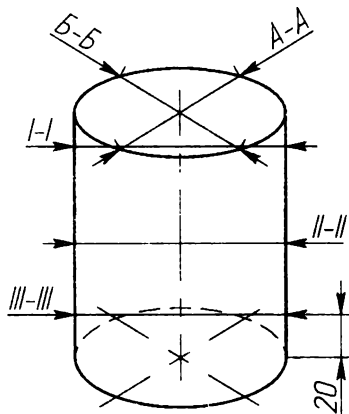


Рисунок 9 – Схема обмера отверстия блока цилиндров

б) перед замером отверстия индикаторный нутромер необходимо установить на базовый размер, которым является наибольший целый размер измеряемого отверстия. Установка индикаторного нутромера на базовый размер осуществляется в следующей последовательности:

- измерить измеряемое отверстие штангенциркулем. Базовым является меньший или больший целый размер (например, диаметр отверстия 100,65 мм – базовый размер 100,0 мм или 101,0 мм);
- установить на микрометре базовый размер (предварительно проверив правильность его установки на «0»);
- установить соответствующую измерительную вставку в измерительную головку индикаторного нутромера;
- ввести измерительную головку нутромера между пяткой и винтом установленного микрометра на базовый размер и, поворачивая циферблат

индикатора, совместить «0» со стрелкой. Это положение и будет соответствовать базовому размеру.

в) результаты измерений занести в следующую таблицу:

Таблица 5 – Результаты измерения диаметров отверстий блока цилиндров

№ цилиндра сечение	1	2	3	4
I – А				
II – А				
III – А				
I – Б				
II – Б				
III – Б				

1.3 Рассчитать величину общего износа ($I_{\text{общ}}$) цилиндра, мм:

$$I_{\text{общ}} = D_n - D_u, \quad (12)$$

где D_u – наибольшее значение диаметра всех замеренных цилиндров данного блока (использовать величину с наибольшим износом), мм;

D_n – диаметр до начала эксплуатации (наибольший предельный размер по рабочему или ремонтному чертежу), мм.

1.4 Рассчитать величину одностороннего неравномерного износа (I), мм:

$$I = \beta \cdot I_{\text{общ}}, \quad (13)$$

где β – коэффициент неравномерного износа ($\beta = 0,6$).

1.5 Рассчитать отклонение от цилиндричности отверстий блока цилиндров (овальность на 3-х уровнях и конусообразность в 2-х сечениях), мм:

$$\Delta_{\text{ов}} = D_{\text{А-А}} - E_{\text{Б-Б}}, \quad (14)$$

$$\Delta_{\text{кон}} = D_{\text{max(A-A)}} - D_{\text{min(A-A)}}. \quad (15)$$

Дефектацию ведут по наибольшему из пяти значений,

1.6 Рассчитать минимальный размер обработки отверстия (D_p), мм:

$$D_p = D_n + 2(I - Z_{\text{min}}), \quad (16)$$

где Z_{min} – минимальный односторонний припуск на обработку (для расточки и хонингования минимальное значение $Z_{\text{min}} = 0,075$ мм).

Сравнить величину D_p со значениями стандартных ремонтных размеров $D_{pp1} = D_n + 0,4$, $D_{pp1} = D_n + 0,8$ и назначить категорию ремонтного размера одну для всех цилиндров (выбрать ближайшую большую категорию размера):

$$D_{pp(\text{прин})} \geq D_p. \quad (17)$$

1.7 Уточнить припуск под обработку Z :

$$Z = D_{pp(\text{прин})} - D_n. \quad (18)$$

2. Разработать расточную операцию

Изучить технологию растачивания цилиндра; точность получаемых размеров, формы, расположения; величину шероховатости, параметры режима растачивания, их влияние на качество и эффективность; применяемое оборудование, приспособления, режущий и измерительный инструмент.

Установить содержание вспомогательных и технологических переходов и изучить методику расчета параметров режима резания.

Рассчитать режимы резания и машинное время.

2.1 Определить припуск на растачивание

$$Z_{\text{раст}} = Z - Z_{\text{хон}}, \quad (19)$$

где Z – общий припуск под механическую обработку цилиндра, мм;

$Z_{\text{хон}}$ – припуск под хонингование (предварительное и окончательное) принимается по таблице 4, мм.

2.2 Определить глубину резания t , мм с учетом рекомендации таблицы 3 и назначить число проходов i :

$$i = \frac{Z_{\text{раст}}}{t}, \quad (20)$$

полученное значение округляется до ближайшего большего целого числа и уточняется величина действительной глубины резания, исходя из формулы 20.

2.3 Выбрать нормативную подачу S_0 , мм/об (см. таблицу 3), и уточнить ее по паспорту станка S_{ϕ} (приложение С).

2.4 Выбрать скорость резания V по таблице 3.

2.5 Рассчитать частоту вращения шпинделя станка, мин⁻¹:

$$n = \frac{1000V}{\pi \cdot D_{\text{шп}}}, \quad (21)$$

уточнить значение частоты вращения шпинделя n_{ϕ} , по паспорту станка (приложение С) и при изменении рассчитанного значения вычислить фактическое значение скорости резания при растачивании при помощи формулы 21.

2.6 Рассчитать длину рабочего хода шпиндельной бабки, мм:

$$L_{\text{рх}} = l_1 + l + l_2, \quad (22)$$

где l – длина отверстия цилиндра, мм; l_1, l_2 – длина врезания и перебега резца соответственно, мм $l_1 + l_2 = 3 \dots 5$ мм.

2.7 Рассчитать машинное время расточной операции, мин:

$$t_o = \frac{L_{\text{рх}}}{n_{\phi} \cdot S_{\phi}} \cdot i. \quad (23)$$

3. Разработать хонинговальную операцию.

Изучить технологию хонингования, точность получаемых размеров, формы, расположения, величину шероховатости, параметры режима хонингования, применяемое оборудование, приспособления, режущий и измерительный инструмент.

Изучить основные узлы хонинговального станка, его кинематику, способы установки и крепления детали при обработке, паспортные данные частоты вращения и скорости возвратно-поступательного движения хонинговальной головки, характеристику хонинговальных брусков; требования чертежа к восстановленному отверстию цилиндра.

Определить, рассчитать и записать в отчет

3.1 Выбрать тип, размеры и характеристику хонинговальных брусков.

Длина бруска определяется

$$l_{\text{бр}} = \left(\frac{1}{3} \dots \frac{1}{4} \right) l. \quad (24)$$

Полученное значение округляется до стандартного по таблице 4.

3.2 Выбрать по таблице 4 рекомендуемые скорости возвратно-поступательного $V_{вп}$ и вращательного $V_{ок}$ движения хонинговальной головки.

3.3 Рассчитать частоту вращения шпинделя станка, мин^{-1} :

$$n = \frac{1000 V_{ок}}{\pi \cdot D_{пр}}, \quad (25)$$

уточнить по паспорту станка (приложение Т) и принять фактическое значение $V_{вп \phi}$ и расчетную величину частот вращения шпинделя n_{ϕ} .

3.4 По нормативу режима резания принять соответствующее конкретным условиям доводки давление брусков P_0 (до 1,2 МПа) и определить силу осевого усилия пружины разжима брусков:

$$P = P_0 \cdot l_{бр} \cdot B \cdot n \cdot tg(\varphi + \theta), \quad (26)$$

где $l_{бр}$ – длина бруска, мм; B – ширина бруска, мм; n – число брусков, $n = 6$; φ – угол конуса разжима, $\varphi = 10 \dots 15^\circ$; θ – угол трения, $\theta = 6^\circ$.

3.5. Рассчитать величину перебега брусков за пределы отверстия, мм:

$$l_{пер} = \frac{1}{3} l_{бр}. \quad (27)$$

Из-за неправильной установки величины перебега брусков возникает повышенная погрешность формы отверстия (конусообразность, бочкообразность, седлообразность и т. д.).

3.6 Рассчитать длину рабочего хода шпиндельной бабки L , мм:

$$L = l + 2l_{пер} - l_{бр}. \quad (28)$$

3.7 Рассчитать машинное время хонингования t_m , мин:

$$t_m = \frac{n_1}{n_2} \quad (29)$$

где n_1 – число двойных ходов, необходимых для снятия припуска:

$$n_1 = \frac{z_{хо}}{b}, \quad (30)$$

где b – слой металла, снимаемый за один двойной ход, мм, для чугуна $b = 0,002$ мм;

n_2 – число двойных ходов шпиндельной бабки в минуту:

$$n_2 = \frac{1000 n_{вп \phi}}{2}. \quad (31)$$

4 Оформить отчет и обосновать целесообразность и правильность принятых решений и расчетов по разработке операций восстановления отверстий блока цилиндров под стандартный ремонтный размер.

ЛИТЕРАТУРА

1. Щадричев, В. А. Основы технологии автостроения и ремонт автомобилей / В. А. Щадричев. – Л. : Машиностроение, 1976. – 560 с.
2. Ландо, С. Я. Восстановление автомобильных деталей / С. Я. Ландо. – М. : Транспорт, 1987. – 260 с.
3. Техническое обслуживание и ремонт автомобилей: пособие по курсовому и дипломному проектированию / Б.Н. Суханов, И.О. Борчих, Ю. Ф. Бедарев. – М. : Транспорт, 1985. – 224 с.
4. Справочник технолога-машиностроителя: в 2-х т. / под ред. А. М. Дальского – 5-е изд. – М. : Машиностроение, 2001. – 944 с.
5. Иванов, В. Л. Основы ремонта машин: учебное пособие / В. Л. Иванов. – Новополюцк ПГУ, 2000. – 245 с.
6. Боднев, А. Г. Лабораторный практикум по ремонту автомобилей / А. Г. Боднев, Н. Н. Шаверин – М. : Транспорт, 1989. – 142 с.
7. Дюмин, И. Р. Ремонт автомобилей / И. Р. Дюмин, Г. И. Трегуб – М. : Транспорт, 1999. – 280 с.
8. Восстановление автомобильных деталей: Технология и оборудование: учебник для вузов / В. Е. Канарчук [и др.]. – М.: Транспорт, 1995. – 303 с.
9. Ярошевич, В. К. Технология производства и ремонта автомобилей: учебник для вузов / В. К. Ярошевич, А. С. Савич, В. П. Иванов. – Минск : Адукацыя і выхаванне, 2011. – 592 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение А



Рисунок 1 – Пример маркировки шлифовального круга

Приложение Б

Таблица – Круглошлифовальные станки

Параметры, мм	3М150	3М153	3Т153Е	3У12В	3М163В
1	2	3	4	5	6
Наибольшие размеры устанавливаемой заготовки: – диаметр – длина	100 360	140 500	140 500	200 500	280 1400
Наибольший диаметр шлифования: – наружного – внутреннего	10-45 —	50 —	50 —	60 20-50	60 —
Высота центров над столом	75	90	90	125	160
Скорость автоматического перемещения стола (бесступенчатое регулирование), м/мин	0,02-4	0,02-5	—	0,03-5	0,05-5
Частота вращения шпинделя заготовки с бесступенчатым регулированием, мин ⁻¹	100-1000	50-1000	63-700	55-900	55-620
Наибольшие размеры шлифовального круга: наружный диаметр высота	400 40	500 60	500 63	400 40	750 200
Частота вращения шпинделя шлифовального круга, мин ⁻¹ при шлифовании: наружном внутреннем	2350; 1670 —	1900 —	1900 —	2390; 2000; 1670 16000	1260 —

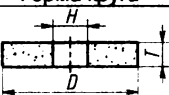
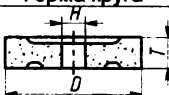
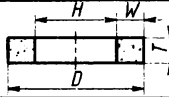
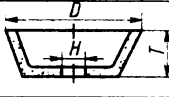
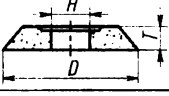
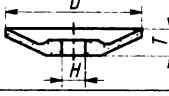
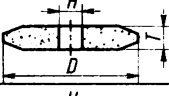
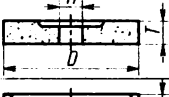
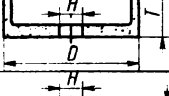
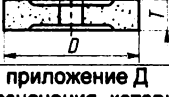
Продолжение таблицы

1	2	3	4	5	6
Мощность эл. двигателя привода главного движения, кВт	4	7,5	7,5	5,5	13

Со ступенчатым регулированием

Приложение В

Таблица – Типы шлифовальных кругов общего применения

Тип круга	Форма круга	Тип круга	Форма круга
ПП (1) – прямого профиля		ПВДС (10) – с двухсторонней выточкой и ступицей	
К (2) – к ольцевые		ЧК (11) – чашечный конический	
ЗП (3) – с коническим профилем		1Т (14) – тарельчатый	
2П (4) – с двусторонним коническим профилем		ПВК (23) – с конической выточкой	
ПВ (5) – с выточкой		ПВДК (26) – с двухсторонней конической выточкой	
ЧЦ (6) – чашечный цилиндрический		ПН (36) – с запрессованными крепежными элементами	
ПВД (7) – с двусторонней выточкой			

Размеры кругов см. приложение Д

** В скобках даны обозначения, которые применяются с 01.01.90

Приложение В Таблица – Типы шлифовальных кругов общего применения

Приложение Г

Таблица – Области применения шлифовальных кругов

Тип круга	Область применения
1	2
ПП (1) – прямого профиля	Универсальное применение. Наиболее распространенные случаи применения в зависимости от диаметра круга, мм: до 150 – внутреннее шлифование; 150–500 – заточка инструментов; 250–1100 – круглое наружное шлифование; 250–600 – бесцентровое шлифование; 25–400 – плоское шлифование периферией круга; 150–600 – ручное обдирочное шлифование; 100–500 – резьбошлифование

Продолжение таблицы

1	2
ПВ (5), ПВК (23), ПВД (7), ПВДК (26) – круги с выточками	Универсальное применение. Назначение выточек: лучший доступ круга при подходе его к обрабатываемой детали; возможность одновременно шлифовать цилиндрические и торцовые поверхности («в упор»); уменьшение площади соприкосновения торцовой поверхности круга с обрабатываемой поверхностью при обработке буртов, фланцев (формы 23, 26)
К (2) – кольцевые круги	Для плоского шлифования торцом круга. Крепление кругов на планшайбе при помощи цементирующих веществ.
ЧЦ (6) – чашечные цилиндрические круги	Для заточки и доводки режущего инструмента, внутреннего и плоского шлифования (например, шлифования направляющих станин и корпусных деталей)
ЧК (11) – чашечные конические круги	Для заточки и доводки инструментов, плоского шлифования в случае, когда затруднена обработка кругами других форм
Т – тарельчатые круги	Для заточки и доводки многолезвийного режущего инструмента, зубошлифования

Приложение Д

Таблица – Основные размеры (мм) шлифовальных кругов по ГОСТ 2424-83 (в ред. 1990 г.)

Тип круга	Диаметр D	Высота Т	Отверстие Н
ПП (1)	3 – 25	1 – 40	1 – 10
	32 – 150	2,5 – 100	6 – 51
	175 – 350	3,2 – 200	32 – 203
	400 – 1060	4 – 250	127 – 305
2П (4)	250 – 500	10 – 32	76 – 203
3П (3)	63 – 500	6 – 50	10 – 203
ПВ (5)	10 – 600	13 – 80	3 – 127
ПВК (23)	300 – 750	50 – 80	127 – 305
ПВД (7)	100 – 900	25 – 250	32 – 305
ЧЦ (6)	40 – 300	25 – 100	13 – 150
ЧК (11)	50 – 300	25 – 150	13 – 150
К (2)	200 – 600	80, 150	76 – 480
Т (12, 14)	80 – 350	8 – 40	13 – 127
ПН (36)	400 – 600	50 – 75	160 – 305
ПВДС (10)	150 – 300	8 – 20	32 – 127
ПВК (26)	750	80	305

Приложение Е

Таблица – Шлифовальные материалы и области их применения

Шлифовальный материал	Область применения
1	2
Нормальный электрокорунд:	– для абразивного инструмента на органической связке;
13А	– для абразивного инструмента на керамической и органической связках, шлифовальной шкурки, для обработки свободным зерном;
14А	– для абразивного инструмента на керамической связке, в том числе прецизионного классов АА, А, шлифовальной шкурки
15А	

Продолжение таблицы

1	2
Белый электрокорунд: 23А, 24А 25А	– для абразивного инструмента, шлифовальной шкурки, обработки свободным зерном – для абразивного инструмента на керамической связке, в том числе прецизионного инструмента классов АА, А
Хромистый электрокорунд: 33А 34А	– для абразивного инструмента на керамической связке, шлифовальной шкурки, обработки свободным зерном – для абразивного инструмента на керамической связке, шлифовальной шкурки, прецизионного инструмента классов АА, А
Титанистый электрокорунд: 37А	– для инструментов на керамической связке для обработки сталей
Циркониевый электрокорунд: 38А	– инструменты для обдирочного шлифования
Сфорокорунд ЭС	– для инструментов на различных связках, предназначенных для обработки мягких и вязких материалов: цветных металлов, резины, пластмассы, кожи и др.
Корунд 92Е	– изготавливают инструменты и микропорошки для полирования деталей из стекла и сталей
Монокорунд: 43А, 44А 45А	– для абразивного инструмента на керамической связке, шлифовальной шкурки и др. – для абразивного прецизионного инструмента на керамической связке, шлифовальной шкурки
Черный карбид кремния: 53С, 54С, 55С	– для абразивного инструмента, шлифовальной шкурки, обработки свободным зерном
Зеленый карбид кремния: 63С, 64С	– для абразивного инструмента, шлифовальной шкурки, обработки свободным зерном
Кубический нитрид бора (эльбор): ЛО, ЛП ЛВМ, ЛПМ	– для абразивного инструмента на органической, керамической и металлокерамической связках, шлифовальной шкурки, абразивных паст – для микрошлифпорошков с высоким и повышенным содержанием основной фракции для абразивных паст
Природный алмаз: АМ	– для доводки и полирования деталей машин и приборов из закаленных сталей, сплавов, керамики, стекла, полупроводниковых и др. материалов
Синтетический алмаз: АС2, АС4 АРВ1	– для инструментов на органических связках, применяемых на чистовых и доводочных операциях при обработке твердого сплава – для инструментов на металлических связках, применяемых для черного хонингования чугунов, резки и шлифования стеклопластиков и др. неметаллических материалов

Приложение Ж

Характеристику конкретной совокупности абразивных зерен, выраженную размерами зерен основной фракции, называют *зернистостью*.

Шлифовальные материалы из искусственных и природных абразивных материалов делят на группы в зависимости от размера зерен. ГОСТ 3647-80 устанавливает четыре группы шлифовальных материалов: шлифзерно (2000–160 мкм); шлифпорошки (125–40 мкм); микрошлифпорошки (63–14 мкм); тонкие микрошлифпорошки (10–3 мкм).

Таблица 1 – Минимальное содержание основной фракции шлифовальных материалов, %

Индекс	Зернистость				
	200–8	6–4	M63–M28	M20–M14	M10–M5
В	—	—	60	60	55
П	55	55	50	50	45
Н	45	40	45	40	45
Д	41	—	43	39	39

Пример обозначения шлифзерна зернистостью 40 с разным содержанием основной фракции с индексами П, Н, Д следующий: 40-П; 40-Н; 40-Д

Таблица 2 — Области применения абразивных инструментов различной зернистости

Зернистость инструментов		Область применения
абразивных	алмазных	
— M40 – M5	1/0 40/28–5/3	Для доводки особо точных деталей Окончательная доводка деталей с точностью 3 ... 5 мкм и менее и шероховатостью $Ra = 0,16 \dots 0,02$ мкм. Суперфиниширование, окончательное хонингование. Резьбошлифование с мелким шагом.
8; 6	63/50–50/40	Чистовое и тонкое шлифование деталей из твердых сплавов, металлов, стекла и других неметаллических материалов. Доводка режущего инструмента. Резьбошлифование с мелким шагом резьбы. Чистовое хонингование.
12; 10	125/100–80/63	Отделочное шлифование деталей с шероховатостью $Ra=0,63 \dots 0,16$ мкм. Чистовое алмазное шлифование, заточка режущих инструментов. Предварительное хонингование.
25; 20; 16	200/160–125/100	Чистовое шлифование деталей, заточка режущих инструментов. Предварительное алмазное шлифование, профильное шлифование с шероховатостью $Ra = 1,25 \dots 0,16$ мкм. Шлифование хрупких материалов.
40; 32	315/250–250/200	Предварительное и чистовое шлифование деталей с шероховатостью поверхности $Ra = 2,5 \dots 0,32$ мкм. Заточка режущих инструментов.
50; 63	—	Предварительное круглое наружное, внутреннее, бесцентровое и плоское шлифование с шероховатостью поверхности $Ra = 2,5 \dots 0,63$ мкм. Стелка металлов и неметаллических материалов. Шлифование вязких материалов. Заточка крупных и средних резцов. Отрезка. Правка инструмента.
125; 100; 80	—	Правка шлифовальных кругов. Ручное обдирочное шлифование заготовок после литья,ковки, штамповки, прокатки и сварки.

Приложение И

Выбор твердости шлифовального круга

Таблица 1 — Шкала степеней твердости

BM1; BM2	весьма мягкий
M1; M2; M3	мягкий
CM1; CM2	среднемягкий
C1; C2	средний
CT1; CT2; CT3	среднетвердый
T1; T2	твердый
BT	весьма твердый
CT	чрезвычайно твердый

Примечание — цифры 1, 2 и 3 характеризуют возрастание твердости абразивного инструмента внутри степеней.

Таблица 2 — Области применения связок абразивных инструментов

Мягкие и среднемягкие круги M2 – CM2	для плоского шлифования торцом круга (на бакелитовой связке), периферией круга (на керамической связке), для шлифования заготовок и заточки инструментов из твердых сплавов, минералокерамики и закаленных углеродистых и легированных сталей, для шлифования цветных металлов и сплавов
Среднемягкие и мягкие круги CM2 – C2	для чистового (круглого, бесцентрового, внутреннего, плоского периферией круга) шлифования заготовок из закаленных сталей; для шлифования резьб с крупным шагом
Средние и среднетвердые круги C2 – CT2	для шлифования (круглого, бесцентрового, профильного, резьбошлифования) заготовок из незакаленных углеродистых и легированных сталей и сплавов чугуна и других вязких металлов и материалов; для плоского шлифования сегментами, хонингования брусками
Среднетвердые и твердые круги CT2 – T2	для обдирочного и предварительного шлифования; для шлифования профильных и прерывистых поверхностей заготовок малого диаметра; для снятия заусенцев, бесцентрового шлифования, хонингования закаленных сталей
Весьма твердые и чрезвычайно твердые круги BT – CT	для правки шлифовальных кругов методом обкатки и шлифования; шлифования деталей приборов с малым съемом материала (часовые механизмы); шлифования шариков для подшипников

Приложение К

**Структура абразивного инструмента
и относительная концентрация шлифовального материала**

Соотношение объемов шлифовального материала, связки и пор в абразивном инструменте определяет структуру инструмента. Принято обозначать структуру номерами.

Таблица – Области применения абразивных инструментов с разными номерами структур

Номер структуры	Объемное содержание шлифовального материала, %	Область применения
1	2	3
1–3	60–56	Шлифование деталей с малым съемом материала кругами на бакелитовой и керамической связках
3, 4	56, 54	Отрезка. Шлифование с большими подачами и переменной нагрузкой. Профильное шлифование. Шлифование хрупких и твердых материалов
5, 6	52, 50	Круглое наружное, бесцентровое, плоское периферией круга, шлифование металлов с высоким сопротивлением разрыву
7, 8	48, 46	Шлифование узких металлов с низким сопротивлением разрыву. Внутреннее шлифование, заточка инструментов, плоское шлифование торцом круга
9–12	44–38	Скоростное шлифование. Профильное шлифование мелкозернистыми кругами. Шлифование резцы. Шлифование с уменьшенным тепловыделением в зоне резания
14–16	34–30	Шлифование неметаллических материалов, металлов с низкой теплопроводностью (устранение прижогов и трещин)

Приложение Л

Вещество или совокупность веществ, применяемых для закрепления зерен шлифовального материала и наполнителя в абразивном инструменте, называют связкой.

Таблица – Области применения связок абразивных инструментов

Связка (обозначение связки)	Область применения
1	2
Керамические связки (К1, К2, К3, К4, К5, К6, К8, К10)	Для всех основных видов шлифования, кроме прорезки узких пазов, обдирочных работ на подвесных станках; К2, К3 – для инструмента из карбида кремния; К2 – для мелкозернистого инструмента; К1, К5, К8 – для инструмента из электрокорунда.
Бакелитовые связки (Б, Б1, Б2, Б3, Б4, БУ, Б156, БП2)	Круги с упрочненными элементами для шлифования при скоростях круга 65, 80 и 100 м/с; круги для скоростного обдирочного шлифования, обдирочного шлифования на подвесных станках и вручную, плоского шлифования торцом круга; отрезки и прорезки пазов; заточки режущих инструментов; для шлифования прерывистых поверхностей; мелкозернистые круги для отделочного шлифования; алмазные и эльборовые круги; бруски хонинговальные; сегменты шлифовальные, в том числе для работы со скоростью резания 80 м/с

Продолжение таблицы

1	2
Вулканитовые и прочие связки (В, В1, В2, В3, В5, Гф, Пф, Э5, Э6)	Ведущие круги для бесцентрового шлифования; гибкие круги для полирования и отделочного шлифования на связке В5. Круги для отрезки, прорезки и шлифования пазов; круги для некоторых чистовых операций профильного шлифования (сферошлифование и др.); шлифовальные круги на вулканитовой связке В3, изготовленные методом прессования; гибкие плиты на связке В5; полировальные высокопористые круги на связке Пф; круги на магнезиальной связке; тонкозернистые круги на глифталевой связке и с графитовым наполнителем для окончательного полирования
Металлические связки	Алмазные круги повышенной износостойкости для обработки твердых сплавов, а также круги для электрохимической абразивной обработки
Металлические связки повышенной производительности МВ1, ПМ1	Для глубинного шлифования, чистового шлифования, заточки твердосплавного инструмента и деталей из твердых сплавов
Металлические связки повышенной стойкости М1, МК, М15	Для профильного и чистового шлифования деталей и заточки инструмента из твердого сплав
Керамическая связка К1	Для шлифования и заточки инструментов при обработке твердого сплава совместно со стальной державкой или корпусом

Приложение М

Состояние шлифовального круга, характеризующееся таким распределением масс, которое во время вращения вызывает переменные нагрузки на опорах шпинделя станка и его изгиб, называют неуравновешенностью круга. В зависимости от допустимых неуравновешенных масс для шлифовальных кругов на керамической, бакелитовой, вулканитовой и специальных органических связках установлено четыре класса неуравновешенности шлифовальных кругов, обозначаемых цифрами 1, 2, 3 и 4. Допустимые неуравновешенные массы должны соответствовать значениям, приведенным в ГОСТ 3060-86.

Приложение Н

Классы точности абразивных инструментов

В зависимости от величин, характеризующих абразивный инструмент в нормативно-технической документации по предельным отклонениям размеров, формы и расположения, устанавливают классы точности абразивного инструмента.

Шлифовальные круги изготовляют трех классов точности: АА; А; Б.

Для кругов класса точности Б используют шлифовальные материалы со всеми индексами, характеризующими содержание основной фракции: В, П, Н и Д; для кругов класса точности А – только с индексами В, П, Н;

для кругов класса точности АА – только с индексами В, П, т. е. с высоким и повышенным (до 55 % при зернистости 200 – 4) содержанием основной фракции.

Величины предельных отклонений зависят от номинальных размеров инструментов по наружному диаметру D, высоте Т, диаметру посадочного отверстия Н.

Приложение П

Таблица – Параметры резания при круглом наружном шлифовании

Обрабатываемый материал	Характеристика процесса шлифования	Скорость круга V_k , м/с	Скорость заготовки V_z , м/мин	Глубина шлифования t , мм	Продольная подача S , мм/об	Радиальная подача S_r , мм/об
Конструкц. металлы и инструм. стали	С продольной подачей на каждый ход:	30–35	12–25	0,01–0,025 0,005–0,015 0,015–0,05	(0,3–0,7)В (0,2–0,4)В (0,3–0,7)В	—
	предварительное		15–55			
	окончательное		20–30			
	С продольной подачей на двойной ход	30–35	3С–50 2С–40	— —	— —	0,0025–0,075 0,001–0,005
	Врезное:					
Твердые сплавы	предварительное	20–30 30–35	1С–20 2С–30	0,0075–0,01	0,5–0,8 м/мин 0,3–0,5 м/мин	—
	окончательное					

Примечания: 1. В – толщина круга, мм.

2. Для расчета мощности при круглом шлифовании, если значение продольной подачи приведено в м/мин, вычисляют продольную подачу в мм/об заготовки по формуле, мм/об:

$$S = \frac{S_m \cdot \pi \cdot d}{1000 \cdot V_z}$$

где S_m – минутная подача, м/мин;

d – диаметр заготовки, мм;

V_z – окружная скорость заготовки, м/мин

Приложение Р

Таблица – Значения коэффициента и показателей степени в формулах мощности при круглом наружном шлифовании

Шлифование	Обрабатываемый материал	Шлифовальный круг		Коэффициент и показатели степени					
		Зернистость	Твердость круга	C_N	r	x	y	q	z
с поперечной подачей на двойной ход	СЗН, Ч	50 – 40	CM1 – CM2	1,3	0,75	0,85	0,7	—	—
с поперечной подачей на каждый ход		50 40	CM2 CM1 – C1	2,2 2,65	0,5 0,5	0,5 0,5	0,55 0,55		
врезное		50	C1	0,14	0,8	—	0,8	0,2	1,0

Примечание: СЗН – сталь закаленная и незакаленная, Ч – чугун

Приложение С

Основные технические характеристики вертикально-расточного станка ROBBI SIRIO CL для расточки блоков цилиндров

- диаметры расточки, мм – 31–180;
- максимальная глубина расточки, мм – 460;
- максимальное вертикальное перемещение расточной головки, мм – 830;
- расстояние от стола до расточной головки, мм – 1260–430;
- максимальное расстояние от шпинделя до направляющей колонны, мм – 340;
- используемые размеры стола, мм – 1200×400;
- продольный ход стола, мм – 980;
- поперечный ход стола, мм – 80;
- частота вращения шпинделя, мин⁻¹ – 0–500;
- автоматическая подача расточной головки, мм/об – 0,09–0,18;
- мощность главного шпинделя, кВт – 2;
- мощность двигателя быстрой подачи расточной головки, кВт – 0,75;
- мощность двигателя привода расточной головки, кВт – 0,5;
- габаритные размеры станка, мм – 1800×1200×2170;
- масса станка, кг – 1600.

Приложение Т

**Основные технические характеристики
вертикально-хонинговального станка ROBBI SET 150-E
для хонингования блоков цилиндра**

- обрабатываемые диаметры цилиндров, мм – 31–300;
- максимальная длина хонингования, мм – 450;
- размеры стола, мм – 1400×500;
- расстояние от шпинделя до направляющей колонны, мм – 350;
- максимальное расстояние от стола до хонинговальной головки, мм – 800;
- максимальный ход шпинделя, мм – 370;
- максимальный ход хонинговальной бабки, мм – 530;
- частота вращения шпинделя, мин⁻¹ – 40–150;
- вертикальная подача шпинделя, м/мин – 6–18;
- продольный ход стола, мм – 1340;
- поперечный ход стола, мм – 80;
- мощность главного шпинделя, кВт – 3;
- мощность гидравлического насоса, кВт – 2;
- мощность насоса системы охлаждения, кВт – 0,75;
- габаритные размеры станка, мм – 2380×1370×2450;
- масса станка, кг – 1500.

Учебное издание

Составители:

*Саливончик Юрий Николаевич
Парфиевич Андрей Николаевич
Савчук Сергей Васильевич
Сокол Виктор Александрович*

**ВОССТАНОВЛЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ АВТОМОБИЛЯ
ПОД РЕМОНТНЫЙ РАЗМЕР**

Методические указания к лабораторным работам
по дисциплинам «Технология производства и ремонта автомобилей» и
«Восстановительные технологии»
для студентов специальностей 1-37 01 06
«Техническая эксплуатация автомобилей»
и 1-37 01 07 «Автосервис»

Ответственный за выпуск: Саливончик Ю. Н.

Редактор: Митлошук М. А.

Компьютерная верстка: Вашкевич Ю. А.

Корректор: Дударук С. А.

Подписано в печать 25.05.2023 г. Формат 60х84 1/16. Бумага «Performer».
Гарнитура «Arial». Усл. печ. л. 2,09. Уч. изд. л. 2,25. Заказ № 553. Тираж 21 экз.
Отпечатано на ризографе учреждения образования «Брестский государственный
технический университет». 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий № 1/235 от 24.03.2014 г.