

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
Белорусский национальный технический университет

Кафедра «Горные машины»

ЭКСПЛУАТАЦИЯ ГОРНЫХ МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ

Лабораторный практикум
для студентов специальностей
1-36 10 01 «Горные машины и оборудование
(по направлениям)»

*Рекомендовано учебно-методическим объединением по образованию
в области горнодобывающей промышленности*

Минск
БНТУ
2021

УДК 622.06:658.274(076.5)(075.8)

ББК 34.7я7

T19

Составители:

Ю. И. Тарасов, В. В. Борисейко

Рецензенты:

А. Н. Орда, М. В. Хамищевич

T19 **Эксплуатация** горных машин и оборудования: лабораторный практикум для студентов специальностей 1-36 10 01 «Горные машины и оборудование» / сост.: Ю. И. Тарасов, В. В. Борисейко. – Минск: БНТУ, 2021. – 47 с.

ISBN 978-985-583-290-5.

В издании приведены описания лабораторных работ, теоретический материал, основные правила по технике безопасности, а также методика выполнения лабораторных работ и обработка полученных экспериментальных данных.

УДК 622.06:658.274(076.5)(075.8)

ББК 34.7я7

ISBN 978-985-583-290-5

© Белорусский национальный
технический университет, 2021

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ	4
ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ РАБОТ	5
Лабораторная работа № 1 ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕМОНТОПРИГОДНОСТИ ЦИЛИНДРОВ ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ	7
Лабораторная работа № 2 ВОССТАНОВЛЕНИЕ ГЛАДКИХ ПОСАДОЧНЫХ ОТВЕРСТИЙ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС МЕТОДОМ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ	11
Лабораторная работа № 3 РЕГУЛИРОВАНИЕ КОНИЧЕСКОГО ЗУБЧАТОГО ЗАЦЕПЛЕНИЯ РЕДУКТОРА ФРЕЗБАРАБАНА	17
Лабораторная работа № 4 КОНТРОЛЬ ОСНОВНЫХ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС И ВЫБРАКОВКА ИХ НА ОСНОВАНИИ ПРОВЕДЕННЫХ ИЗМЕРЕНИЙ	19
Лабораторная работа № 5 ВОССТАНОВЛЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ МАШИН СЛЕСАРНО-МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКОЙ	23
Лабораторная работа № 6 ВОССТАНОВЛЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ ТИПА ВАЛОВ И ОСЕЙ	35
Лабораторная работа № 7 СБОРКА ТИПОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ	40
РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА	47

ВВЕДЕНИЕ

Тематика лабораторного практикума полностью соответствует рабочей учебной программе курса «Эксплуатация горных машин и оборудования». Приведены конкретные примеры особенностей эксплуатации горного оборудования, перечень характерных отказов и способов их устранения. Рассмотрена методика статистического анализа точности операций механической обработки, выполнение части необходимых расчетов с помощью вычислительной техники по программам.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

Выполнение лабораторной работы начинается с внимательного изучения инструкции и методических указаний по данной работе, а также соответствующих разделов лекций и учебников.

Степень готовности студентов к выполнению работы устанавливается преподавателем путем опроса. В контрольный опрос, связанный с выполнением данной работы, включаются соответствующие материалы из лекционного курса дисциплины «Горно-транспортные машины и подъемное оборудование».

После ответов на контрольные вопросы и вопросы по технике безопасности студенты, получив разрешение преподавателя, приводят в действие лабораторную установку и приступают к необходимым измерениям и записям показаний приборов. При выполнении работы в оборудовании могут обнаружиться различные неисправности и неполадки. В таких случаях студент немедленно выключает установку и о замеченных неисправностях докладывает преподавателю.

Отчет о работе должен быть оформлен аккуратно, все схемы и графики выполнены четко. Результаты опытов и расчетов сводятся в таблицы. Построенные графики исследуемых зависимостей сопровождаются краткими выводами.

Студент обязан закончить отчет в лаборатории за время, отведенное для выполнения лабораторной работы.

Оформленный отчет по каждой работе студент предъявляет преподавателю и, при успешной защите, в конце семестра получает зачет или допуск к экзамену.

ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ РАБОТ

Условия работы в учебных лабораториях значительно отличаются от условий труда на промышленных предприятиях, где имеется стационарное оборудование с постоянно установленными ограждениями, предохранительными устройствами и другими мерами защиты.

Неосторожное поведение студентов в лаборатории, неправильное обращение с установками могут привести к несчастным случаям и порче оборудования.

При выполнении лабораторных работ студент обязан соблюдать следующие правила:

- входить и выходить из лаборатории можно только с разрешения преподавателя;
- перед началом работы необходимо ознакомиться с установкой и заданием;
- на рабочем месте должно быть только оборудование и принадлежности, относящиеся к выполняемой работе;
- разрешается проводить только ту работу, которая указана в графике выполнения работ;
- пуск и остановка любой установки производится только с разрешения и в присутствии преподавателя или лаборанта, проводящих занятия (перед включением установки необходимо предупредить всех участвующих в работе о начале проведения опытов);
- категорически запрещается оставлять без присмотра работающие установки;

- запрещается оставаться работать в лаборатории одному лицу (обязательное присутствие второго лица необходимо для оказания работающему помощи в случае несчастного случая);
- включать и выключать электропусковую аппаратуру можно только стоя на резиновом коврике;
- категорически запрещается открывать силовые шкафы, прикасаться к открытым контактам на лабораторных щитах, электродвигателях и т. п.;
- при работе на установках, имеющих движущиеся детали, необходимо быть особенно осторожным (не прикасаться к этим деталям и следить, чтобы на них не попали края одежды);
- при возникновении каких-либо неясностей необходимо прекратить работу и обратиться за разъяснением к преподавателю или лаборанту;
- при обнаружении неисправностей и неполадок в работе оборудования необходимо немедленно выключить установку и доложить преподавателю;
- по окончании работы необходимо привести в порядок рабочее место.

После ознакомления с правилами работы в лаборатории студент расписывается в книге учета инструктажа по технике безопасности и несет полную ответственность за нарушение этих правил.

Лабораторная работа № 1

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕМОНТОПРИГОДНОСТИ ЦИЛИНДРОВ ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

1. Цель работы

- 1.1. Определить ближайший ремонтный размер имеющегося блока цилиндров двигателя.
- 1.2. Рассчитать количество возможных ремонтных размеров данного блока цилиндров.

2. Основные правила по технике безопасности

- 2.1. Запрещается хождение по лаборатории и включение каких-либо установок или стендов.
- 2.2. Запрещается переустановка или передвигка блока цилиндров при работе с ним.
- 2.3. Измерения, необходимые для выполнения работы, производить только под руководством преподавателя, ведущего занятия, или лаборанта.
- 2.4. По окончании работы привести в порядок рабочее место.

3. Теория, необходимая для выполнения работы

Среди агрегатов, применяемых на торфяных машинах и тракторах, как правило, наиболее быстро изнашивается двигатель. Износ приводит к нарушению размеров деталей двигателя, их геометрической формы и, как следствие, вызывает нарушение сопряжений, потерю работоспособности, поломки и т. д.

Наиболее интенсивно в двигателе изнашиваются детали цилиндро-поршневой группы. Это вызвано трением поршневых колец, действием абразивных частиц, химической и электрохимической коррозией сопряженных элементов при повышенных температурах.

Наиболее трудоемкой деталью как при изготовлении, так и при ремонте является блок цилиндров, у которого наиболее интенсивно изнашиваются сами цилиндры. Необходимо отметить, что на интенсивность износа кроме перечисленных выше факторов большое влияние оказывает точность изготовления и монтажа сопряженных деталей.

Так, расположение большой оси овала цилиндра в плоскости продольной оси коленвала, перекосе шатуна с поршнем и т. д. – все это приводит к неравномерному износу цилиндров даже в одном двигателе.

Восстановление формы и размеров цилиндров двигателя производят методом так называемых ремонтных размеров расточкой или расточкой с последующим хонингованием на специальных станках. Под ремонтным размером цилиндров блока понимается новый размер, который придается им при механической обработке. Преимуществом метода ремонтных размеров является его простота, недостатком – необходимость наличия поршней с различными номинальными диаметрами. Допуски на ремонтный размер цилиндров принимаются такими же, как и у нового блока. Номинал ремонтного размера определяется из величин допустимого износа и припуска (P_p) на механическую обработку детали, который необходимо снять, чтобы получить ремонтный размер.

Для цилиндра

$$D_p = D_n + 2(I + P_p), \quad (1.1)$$

где D_p – ремонтный размер цилиндра;

D_n – номинальный размер цилиндра;

I – износ цилиндра на сторону;

P_p – припуск на обработку на сторону.

Количество же ремонтных размеров, которые можно выполнять для блока цилиндров, определяется по формуле

$$n = \frac{D_{\text{наиб}} - D_{\text{н}}}{2(I + \Pi_p)}, \quad (1.2)$$

где n – число ремонтных размеров;

$D_{\text{наиб}}$ – наибольший допустимый размер цилиндра.

Обычно количество ремонтных размеров ограничивают ввиду экономической целесообразности изготовления большой номенклатуры ремонтных деталей (в данном случае поршней с различными наружными диаметрами). Номинальные величины ремонтных размеров определяют для каждого типа двигателя на основании статистических результатов исследований по допустимым величинам износа с учетом достаточности припуска на механическую обработку с вероятностью 3.

4. Порядок выполнения работы

4.1. Настроить нутромер с индикатором часового типа по микрометру на номинальный размер. При этом натяг индикатора должен быть не менее 2 мм.

4.2. Ввести нутромер последовательно во все цилиндры. Определить размеры каждого цилиндра вверху (5–50 мм от обреза), по центру и низу, данные занести в табл. 1.1.

Таблица 1.1

Таблица результатов измерений
и их механической обработки

№ цилиндра	Номинальный размер цилиндра	Размер цилиндра по нутромеру, мм			Величина износа, мм			Максимальный износ, мм
		верх	центр	низ	верх	центр	низ	
1								
2								
3								
4								

Используя данные таблицы и номинальный размер цилиндра, определить максимальный износ И, наблюдаемый в блоке.

4.3. Определить припуск, необходимый для механической обработки, по формуле

$$P_p = R_{z_{i-1}} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{\text{кар}}^2 + \rho_{\text{см}}^2}, \quad (1.3)$$

где $R_{z_{i-1}}$ – величина микронеровностей;

T – глубина дефектного слоя;

$\rho_{\text{кар}}$ – пространственное отклонение осей цилиндров в блоке,

$$\rho_{\text{кар}} = (\Delta kd)^2 + (\Delta kl)^2, \quad (1.4)$$

где Δk – удельная кривизна цилиндра, равная 0,5 мкм/мм;

d – диаметр цилиндра, мм;

l – высота цилиндра, мм;

$\rho_{\text{см}} = \delta$ – пространственное отклонение, вызываемое неточностью установки блока, практически равно допуску на размер.

4.4. Используя формулу (1.1), рассчитать следующий ремонтный размер, под который необходимо расточить блок цилиндров.

4.5. По формуле (1.2) рассчитать количество ремонтных размеров, которые можно выполнить для данного блока цилиндров; при этом необходимо исходить из условия, что

$$\sigma = p \frac{d}{2b_{\text{min}}} \leq [\sigma_T], \quad (1.5)$$

где $[\sigma_T]$ – допустимое напряжение в стенке цилиндра, кг/см²;

p – давление газов в цилиндре, кг/см²;

d – диаметр цилиндра, см;

b_{min} – минимальная толщина стенки цилиндра, см.

Полученные размеры сравнить с размерами, применяющимися в ремонтной практике для данного типа двигателя, и сделать выводы.

Лабораторная работа № 2

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ГЛАДКИХ ПОСАДОЧНЫХ ОТВЕРСТИЙ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС МЕТОДОМ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

1. Цель работы

1.1. Восстановить на токарном станке посадочное отверстие зубчатого колеса.

1.2. Проконтролировать основные нормы точности восстановленного колеса.

2. Основные правила по технике безопасности

2.1. Запрещается хождение по лаборатории и включение каких-либо установок, станков или стендов.

2.2. Установку шестерни на станок и ее выверку производить только при отключенном от энергопитания станке.

2.3. Перед установкой шестерни в патроне произвести отключение шпинделя станка от коробки перемены передач.

2.4. Все измерения, необходимые для выполнения работы, производить под наблюдением преподавателя, проводящего занятия.

2.5. Перед включением двигателя станка проверить надежность крепления детали в патроне и резца в резцедержателе.

2.6. При выполнении обработки обязательно пользоваться защитным экраном и защитными очками.

2.7. Съем детали со станка производить при полной остановке шпинделя и двигателя станка.

2.8. Во время работы станка присутствие людей, кроме непосредственного исполнителя, в рабочей зоне станка запрещается.

2.9. По окончании работы привести в порядок рабочее место.

3. Теория, необходимая для выполнения работы

В горных машинах достаточно широко распространены прямозубые зубчатые колеса, которые сопряжены с валами или осями посредством подшипников скольжения. Как правило, эти подшипники изнашиваются гораздо быстрее, чем сами зубчатые венцы. Это ведет к нарушению плавности работы зубчатых передач, повышенному шуму, перекосам и так далее. При превышении величины износа допустимых пределов могут происходить поломки этих передач или других деталей механизма. Тем не менее, полная замена таких зубчатых колес экономически не целесообразна. Обычно их восстанавливают различными методами.

Рассмотрим один из них, основанный на применении механической обработки. Как известно, крутящий момент в цилиндрических эвольвентных зубчатых зацеплениях передается при относительном перекатывании боковых поверхностей зубьев относительно друг друга. При этом взаимное расположение боковых поверхностей колеса и шестерни регламентируется, в основном, диаметрами делительных окружностей и межосевым расстоянием. Износ подшипника скольжения приводит к изменению расчетного межосевого расстояния и появлению несоосности посадочного отверстия с делительной окружностью. Так как износ зубьев, как правило, на 2–3 порядка меньше, чем износ посадочного отверстия, то технологической базой при восстановлении должна выбираться делительная окружность. Сущность ремонта таких шестерен заключается в восстановлении расчетного межосевого расстояния за счет расточки посадочного отверстия под ремонтный размер (или в случае запрессовки нового подшипника скольжения – расточкой его до нормального размера) с обязательным обес-

печением соосности делительной окружности с растачиваемым отверстием.

Расточку шестерен производят, как правило, на токарных станках в 4-кулачковых патронах. Последние за счет индивидуального привода всех кулачков позволяют выставить шестерню на станке относительно делительной окружности с помощью специальных роликов, а следовательно, получить требуемую соосность делительной окружности с растачиваемым посадочным отверстием. Диаметр специальных роликов зависит, в основном, от модуля зубчатого колеса и находится из геометрических соотношений.

Хордой S_x называется расстояние между точками пересечения обоих профилей зуба с нормальными к ним, проходящими через P делительной окружности, лежащей на оси зуба. Хорда S_x является постоянной величиной при данном модуле и величине коррекции и не зависит от числа зубьев колеса.

$$S_x = m(0,5\pi \cos^2 \alpha_0 + \xi \sin 2\alpha_0), \quad (2.1)$$

где m – модуль колеса;

α_0 – угол зацепления;

ξ – коэффициент коррекции.

$$h_x = R_e - r_g - m \left(\frac{\pi}{8} \sin 2\alpha_0 + \xi \sin^2 \alpha \right), \quad (2.2)$$

где h_x – хордальная высота зуба;

R_e – радиус окружности выступов;

r_g – радиус делительной окружности.

Если коэффициент коррекции $\xi = 0$, а угол зацепления $\alpha = 20^\circ$, то формулы (2.1) и (2.2) соответственно примут вид

$$S_x = 1,387m; \quad (2.3)$$

$$h_x = 0,7476m; \quad (2.4)$$

Так как шаг зацепления равен

$$t = \pi m, \quad (2.5)$$

то диаметр установленного ролика определится из разности

$$D_p = \pi m - 1,387m = 1,755m. \quad (2.6)$$

Величину минимального припуска, необходимого для получения соосного отверстия, а следовательно, и для выполнения ремонта шестерни, в общем случае можно рассчитать по формуле

$$2Z_{\min} = 2 \left(R_z + T + \sqrt{\rho_{\text{пр}}^2 + \varepsilon_y^2} \right), \quad (2.7)$$

где R_z – высота микронеровностей;

T – толщина дефектного слоя;

$\rho_{\text{пр}}$ – суммарное значение пространственных отклонений заготовки.

В общем случае для шестерни с запрессованным подшипником скольжения

$$\rho_{\text{пр}} = \sqrt{\rho_{\text{см}}^2 + \rho_{\text{ув}}^2 + \rho_{\text{кор}}^2 + \rho_{\text{эксц}}^2}, \quad (2.8)$$

где $\rho_{\text{см}}$ – пространственное отклонение, вызванное смещением подшипника скольжения относительно шестерни при запрессовке;

$\rho_{ув}$ – пространственное отклонение, вызванное уводом, т. е. искривлением оси отверстия вследствие нежесткости сверла при предварительном сверлении подшипника скольжения;

$\rho_{кор}$ – пространственное отклонение, вызванное короблением шестерни в процессе работы;

$\rho_{эксц}$ – пространственное отклонение, вызванное эксцентricностью отверстия подшипника скольжения по отношению к делительной окружности шестерни;

ε_y – погрешность установки детали

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_{\sigma}^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{пр}^2}, \quad (2.9)$$

где ε_{σ} – погрешность базирования имеет место из-за несовпадения установочной и измерительной баз;

ε_3 – погрешность закрепления возникает в результате смещения обрабатываемых поверхностей заготовки от действия зажимной силы;

$\varepsilon_{пр}$ – погрешность положения детали из-за износа станочного приспособления (патрона, ролика).

При расчете элементов припуска необходимо пользоваться справочниками по технологии машиностроения.

4. Порядок выполнения работы

4.1. Определить модуль шестерни, подлежащей ремонту.

4.2. Используя формулу (2.6), рассчитать диаметр установочных роликов.

4.3. Рассчитать, используя формулы (2.7), (2.8), (2.9), величину минимального припуска для обработки и сравнить его с существующим.

Расчетные элементы припуска занести в табл. 2.1.

Таблица 2.1

Расчет припусков и предельных размеров по технологическим переходам на обработку отверстия шестерни

Технологические переходы обработки поверхности ϕ	Элементы припуска, мкм	Расчетный припуск $2Z_{\min}$, мкм	Расчетный размер d_p , мм	Допуск δ , мкм	Предельный размер, мм	Предельные значения припусков, мкм
	R_z Т р ε				d_{\min} d_{\max}	$2Z_{\min}$ $2Z_{\max}$
Растачивание:						
черновое						
чистовое						

4.4. При выключенном двигателе станка и отключенном шпинделе от КПП, закрепить шестерню в 4-кулачковом патроне через установочные ролики.

4.5. С помощью индикаторной головки, закрепленной в магнитной стойке, произвести выверку шестерни по диаметру делительной окружности и торцу. Выверку производить при помощи поворота шестерни с патроном, добиваясь за счет отпускания и поджатия соответствующих кулачков одинаковых показаний индикатора по роликам с допуском, соответствующим степени точности колеса.

4.6. Установить частоту вращения шпинделя станка в пределах 400–600 об/мин и настроить подачу $S = 0,1–0,3$ мм/об.

4.7. Включить двигатель станка и подвести вручную резец, закрепленный в резцедержателе, к детали.

4.8. Привести во вращение шпиндель, коснуться режущей кромкой резца поверхности отверстия, отвести резец и установить по лимбу необходимую глубину резания в соответствии с расчетными припусками.

4.9. Расточить отверстие начерно и начисто в требуемый размер.

4.10. Вывести резец из зоны резания и выключить станок. Произвести замер отверстия с помощью нутромера.

4.11. Снять шестерню со станка, проверить ее на соответствие принятым нормам точности и сделать необходимые выводы.

Лабораторная работа № 3

РЕГУЛИРОВАНИЕ КОНИЧЕСКОГО ЗУБЧАТОГО ЗАЦЕПЛЕНИЯ РЕДУКТОРА ФРЕЗБАРАБАНА

1. Цель работы

1.1. Изучить устройство редуктора фрезбарабана.

1.2. Изучить методику контроля правильности сборки конического зубчатого зацепления.

1.3. Освоить правила регулирования конического зубчатого зацепления.

2. Правила техники безопасности

2.1. Запрещается пользование неисправным инструментом.

2.2. Нанесение краски производить аккуратно, не разбрызгивая ее, и только кистью.

2.3. Проворачивание редуктора производить только после разрешения преподавателя.

3. Оборудование и приспособления

3.1. Ветошь.

3.2. Набор слесарных инструментов.

3.3. Картон прокладочный.

3.4. Краска.

3.5. Кисть.

3.6. Свинцовые пластинки с микрометром или индикатор часового типа.

4. Порядок выполнения работы

4.1. Изучить устройство редуктора фрезбарабана по плакату или чертежу и на установке в натуре.

4.2. Проверить правильность зацепления конической передачи. Протереть насухо ветошью зубья обоих колес. На зубьях ведущего колеса тонким слоем нанести краску. Провернуть ведущее колесо на 2–3 оборота до получения отпечатка на зубьях другого колеса. По форме и расположению отпечатка сделать вывод о правильности зацепления и имеющихся дефектах.

4.3. Отрегулировать зацепление с помощью прокладок. Нормальный отпечаток в пределах 6-й степени точности должен составлять 70 % длины и высоты зуба, а в пределах 8-й степени точности – 50 %.

Смещение отпечатка и искажение его формы указывает на следующие возможные дефекты: погрешности корпусной детали (неперпендикулярность осей); погрешности зубчатых колес; перекося зубчатых колес на валах; неточность регулировки зацепления.

При уменьшении угла между осями отверстий корпуса, отпечаток смещается к пятке зуба, а при увеличении – к носку зуба. Смещение отпечатка к ножке зуба ведомого колеса указывает на недостаточный зазор в зацеплении, а смещение к вершине зуба – на чрезмерный зазор.

Нормальный зазор между зубьями, равный 0,2–0,3 мм, получают, отодвигая одно или оба колеса от вершины начальных конусов. Лучше отодвигать оба колеса, тогда легче обеспечить хорошее качество зацепления.

4.4. С помощью трех свинцовых пластинок или индикатора измерить боковой зазор.

4.5. Зарисовать схему зацепления, вид отпечатка и составить отчет о работе.

Лабораторная работа № 4

КОНТРОЛЬ ОСНОВНЫХ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС И ВЫБРАКОВКА ИХ НА ОСНОВАНИИ ПРОВЕДЕННЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

1. Цель работы

1.1. Произвести контроль 2–3 шестерен на соответствие заданным нормам точности.

1.2. На основании проведенных измерений сделать их выбраковку.

2. Правила техники безопасности

2.1. Запрещается бесцельное хождение по лаборатории и включение каких-либо установок, станков или стенов.

2.2. Измерения, необходимые для выполнения работы, производить только под руководством преподавателя, ведущего занятия, или лаборанта.

2.3. Запрещается переустановка прибора для контроля зубчатых колес.

2.4. Установку контролируемых зубчатых колес на прибор производить в защитных рукавицах.

2.5. По окончании работы привести в порядок рабочее место.

3. Основные положения

По точности изготовления все цилиндрические зубчатые колеса размером от 1 до 5000 мм, в соответствии с ГОСТом, разделяются на 12 степеней точности, причем числовые значения допусков для 1, 2 и 12 степеней точности не установлены.

Контроль зубчатых колес должен производиться по четырем элементам, определяющим

- 1) кинематическую точность колеса;
- 2) плавность работы колеса;
- 3) контакт зубьев;
- 4) боковой зазор между зубьями.

Контроль кинематической точности особо важен для делительных и планетарных передач, когда предъявляются высокие требования к согласованию углов поворота ведомого и ведущего колес.

Контроль плавности работы колеса имеет наибольшее значение при силовых высокоскоростных передачах, когда требуется отсутствие циклических погрешностей.

Контроль полноты контакта зубьев особо важен для тяжело нагруженных тихоходных передач.

На практике чаще всего один или два из перечисленных показателей являются основными, а остальные менее важны.

Поэтому указанные три вида норм могут комбинироваться из разных степеней точности, причем нормы плавности работы колеса могут быть не более чем на две ступени точнее или на одну ступень грубее степени кинематической точности; нормы контакта зубьев не могут быть грубее степени плавности колес.

Независимо от степени точности колес и передач устанавливаются нормы бокового зазора по ГОСТ 9178–72:

- 1) с нулевым гарантированным зазором – H ;
- 2) с уменьшенным гарантированным зазором – G ;
- 3) с нормальным гарантированным зазором – F ;
- 4) с увеличенным гарантированным зазором – E ;
- 5) с большим гарантированным зазором – D .

Нормируемые элементы в стандартах сведены в комплексы, состоящие из комплексного показателя нормы точности или из элементов его заменяющих. К комплексным показателям относятся:

ΔF_{Σ} – кинематическая погрешность колеса;

ΔF – циклическая погрешность колеса;

Δh – смещение исходного контура относительно расчетного.

Эти параметры применяются для контроля колес 3–6 степеней точности.

Для более грубых степеней точности, в том числе и для колес торфяного машиностроения, при контроле обычно выбирают такие два параметра, один из которых выявляет радиальную составляющую кинематической погрешности колеса, а другой – тангенциальную. Первая составляющая может быть характеризована радиальным биением l_0 зубчатого венца или колебанием $\Delta_a d$ измерительного межцентрового расстояния за оборот, а вторая составляющая – погрешностью $\Delta\varphi_\Sigma$ обката или колебанием длины $\Delta_0 l$ общей нормали.

Исходя из этого, при проверке кинематической точности колеса, необходимо пользоваться одним из следующих комплексов контролируемых параметров:

- 1) l_0 и $\Delta_0 l$; 2) l_0 и $\Delta\varphi_\Sigma$; 3) $\Delta_a d$ и $\Delta_0 L$; 4) $\Delta_0 d$ и $\Delta\varphi_\Sigma$.

Плавность работы можно измерять по одному из следующих комплексов:

- 1) Δt_0 и Δf ; 2) Δt_0 и Δt ; 3) $\Delta_\gamma a$,

где Δt_0 – отклонение основного шага;

Δf – погрешность профиля;

Δt – разность окружных шагов;

$\Delta_\gamma a$ – колебание измерительного межосевого расстояния на одном зубе.

Для определения полноты контакта сопряженных зубьев наиболее желательна проверка самого пятна контакта.

Обычно контроль зубчатых колес проводят на специальных приборах.

4. Порядок выполнения работы

4.1. Установить модуль, число зубьев и степень точности колес, которые подвергаются проверке.

4.2. Рассчитать номинальное межцентровое измерительное расстояние по формуле

$$a = \frac{m(Z_u + Z) \cos \alpha_0}{2 \cos \alpha_u}, \quad (4.1)$$

где m – модуль колес;

Z_u – число зубьев эталонного колеса;

Z – число зубьев проверяемого колеса;

α_0 – угол зацепления в обработке (20°);

α_u – угол зацепления эталонного колеса

$$\text{inv} \alpha_a = \frac{2 \xi_c \text{tg} \alpha_0}{Z_u + Z} + \text{inv} \alpha_0, \quad (4.2)$$

где ξ_c – коэффициент смещения исходного контура эталонно-го колеса

$$\xi_c = \Delta \xi_u + \Delta \xi = \frac{\Delta h_u}{m} - \frac{\Delta_m h}{m}, \quad (4.3)$$

$$\Delta \xi_u = \frac{\Delta h_u}{m}, \quad (4.4)$$

где $\Delta \xi_u$ – дополнительный сдвиг, вызванный отклонением размеров зубьев эталонного колеса;

$\Delta \xi$ – дополнительный сдвиг, вызванный отклонением размеров зубьев на проверяемом колесе (ГОСТ 1643–72, табл. 8).

4.3. С помощью концевых мер настроить прибор КДП–300 на необходимый межцентровой измерительный размер.

4.4. Поставить на прибор эталонную и измеряемые шестерни, введя их в зацепление.

4.5. Измерить величины $\Delta_0 a$, $\Delta_\gamma a$.

4.6. Определить норму бокового зазора по величинам $\Delta_B a$ и $\Delta_H a$, исходя из условия

$$\Delta_0 a = |\Delta_B a| + |\Delta_H a|,$$

то есть колебание межцентрового измерительного расстояния за оборот колеса $\Delta_0 a$ равно разности между наибольшим и наименьшим показателями прибора, а эти величины в отдельности характеризуют отклонения межцентрового расстояния $\Delta_B a$ и $\Delta_H a$.

4.7. С помощью нормалемера определить величину Δl_0 .

4.8. Полученные данные занести в таблицу, предусмотренную ГОСТ 1643–72, и сделать необходимые выводы.

Лабораторная работа № 5

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ МАШИН СЛЕСАРНО-МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКОЙ

1. Цель работы

1.1. Изучить методику ремонта горных машин и оборудования слесарно-механической обработкой под ремонтный размер и постановкой дополнительной ремонтной детали.

1.2. Определить ближайший ремонтный размер шеек коленчатого вала двигателя внутреннего сгорания.

1.3. Рассчитать количество возможных ремонтных размеров коленчатого вала.

1.4. Изучить основные типы подшипников скольжения, применяемых в горных машинах и оборудовании.

1.5. Освоить типовые методы восстановления втулок и вкладышей подшипников скольжения.

2. Основные правила по технике безопасности

2.1. Запрещается хождение по лаборатории и включение каких-либо установок или стендов.

2.2. Запрещается переустановка или передвижка коленчатого вала при работе с ним.

2.3. Измерения, необходимые для выполнения работы, производить только под руководством преподавателя, проводящего занятия, или лаборанта.

2.4. По окончании работы привести в порядок рабочее место.

3. Теория, необходимая для выполнения работы

Восстановление сопряжения с применением ремонтных размеров заключается в том, что более дорогую и ответственную деталь обрабатывают по изношенной поверхности под ремонтный размер, а сопряженную деталь заменяют новой, имеющей тот же ремонтный размер, обеспечивая требуемый зазор между деталями. Вместо новой детали может использоваться восстановленная до соответствующего размера изношенная деталь. Следовательно, *ремонтный размер* – это ближайший к номинальному размер, получаемый обработкой изношенной детали при обеспечении требуемой геометрической формы и шероховатости поверхности. Различают стандартные, регламентированные и свободные ремонтные размеры.

Стандартные ремонтные размеры применяют при производстве запасных частей. Восстанавливаемая деталь может иметь несколько ремонтных размеров: 1-й, 2-й и т. д., каждому из которых соответствует определенный размер поверхности. Стандартные ремонтные размеры и допуски на них устанавливает разработчик изделия или завод-изготовитель. Все ремонтные предприятия восстанавливают сопряженные детали в соответствии с ними.

Регламентированные ремонтные размеры устанавливаются техническими условиями на ремонт ряда деталей и соединений.

Обработку под стандартные и регламентированные ремонтные размеры ведут до тех пор, пока не будет достигнут последний ремонтный размер детали. Преимущество этого способа заключается в том, что он позволяет иметь готовые для

замены детали и осуществлять ремонт, соблюдая принцип частичной взаимозаменяемости.

Свободные ремонтные размеры предусматривают обработку деталей до получения правильной геометрической формы и требуемой шероховатости рабочих поверхностей. Сопряженная деталь подгоняется к отремонтированной детали до ее размера. В этом случае заранее изготовить детали с окончательными размерами нельзя.

Среди агрегатов, применяемых на горных мобильных энергетических средствах, как правило, наиболее быстро изнашивается двигатель. Износ приводит к нарушению размеров деталей двигателя, их геометрической формы и, как следствие, вызывает нарушение сопряжений, потерю работоспособности, поломки и т. д.

Расчет ремонтных размеров производится по схеме, изображенной на рис. 5.1.

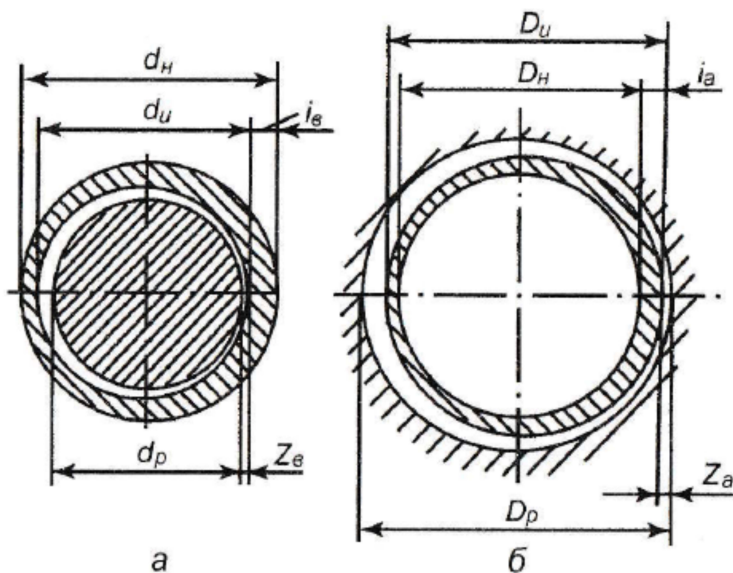


Рис. 5.1. Схема к расчету ремонтных размеров:
а – для вала; б – для отверстия

Для коленчатого вала

$$d_p = d_n - 2(\beta I + Z_B), \quad (5.1)$$

где d_p – ремонтный размер цилиндра;

d_n – номинальный размер вала;

β – коэффициент, учитывающий неравномерность износа;

I – износ вала на сторону за межремонтный срок службы;

Z_B – припуск на обработку на сторону, учитывающий высоту микронеровностей изношенной поверхности, толщину дефектного слоя поверхности вала перед ремонтом, прогиб вала, неточность базирования вала на станке (ориентировочно припуск на сторону при чистовой обточке составляет 0,05–0,1 мм, при шлифовании 0,03–0,05 мм).

Количество же ремонтных размеров, которые можно выполнять для коленчатого вала, определяется по формуле

$$n = \frac{d_n - d_{\min}}{2(I + Z_B)}, \quad (5.2)$$

где n – число ремонтных размеров;

d_{\min} – минимально допустимый диаметр вала.

Сопряженной деталью с обточенным под ремонтный размер коленчатым валом является разъемный подшипник скольжения. В горных машинах и оборудовании применяются следующие основные типы подшипников скольжения:

1. Цельные нерегулируемые подшипники, представляющие собой запрессованную в корпус втулку, изготовленную из антифрикционного материала (бронза, чугун, композиционные и другие материалы).

2. Разъемные толстостенные подшипники, состоящие из корпуса 1, крышки 2 и двух вкладышей 3 с толщиной стенки более 1/20 наружного диаметра (рис. 5.2). Выемка служит для размещения смазки. Зазор между валом и подшипником регу-

лируется за счет толщины комплекта прокладок, закладываемых между крышкой и корпусом. Толщина отдельных прокладок в комплекте может составлять от 0,05 до 1 мм. Вкладыши изготавливаются из антифрикционного чугуна или бронзы. Широко применяются биметаллические подшипники из низкоуглеродистой стали или чугуна, имеющие антифрикционный слой из бронзы или баббита. Его толщина обычно находится в диапазоне 0,5–5 мм. Чем тоньше этот слой, тем выше работоспособность и долговечность подшипника.

3. Тонкостенные разъемные подшипники, отличающиеся от толстостенных меньшей толщиной стенки вкладыша (менее $1/30$ наружного диаметра) и более тонким антифрикционным слоем, что повышает их работоспособность. Тонкостенные подшипники применяют при высоких удельных давлениях. Существенным преимуществом является то, что их не требуется пригонять, как толстостенные, к корпусу. Они устанавливаются с небольшим натягом, и после стяжки корпуса и крышки подшипника благодаря своей податливости плотно прилегают к гнезду, чем обеспечивается высокая жесткость подшипника. Это свойство тонкостенных вкладышей делает их взаимозаменяемыми.

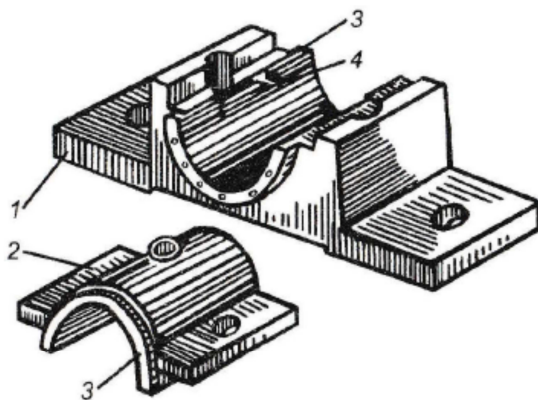


Рис. 5.2. Подшипник разъемный:
1 – корпус; 2 – крышка; 3 – вкладыш; 4 – выемка

4. Регулируемые неразъемные подшипники скольжения с внутренней конической поверхностью. Такой подшипник представляет собой втулку 1 (рис. 5.3) из бронзы или антифрикционного чугуна, имеющую конусное отверстие. На наружной поверхности подшипника с двух концов имеются регулировочные гайки 2 и 3, позволяющие изменять зазор между втулкой 1 и валом 4 за счет их относительного перемещения вдоль оси вала. Штифт 5 служит для предотвращения проворота втулки.

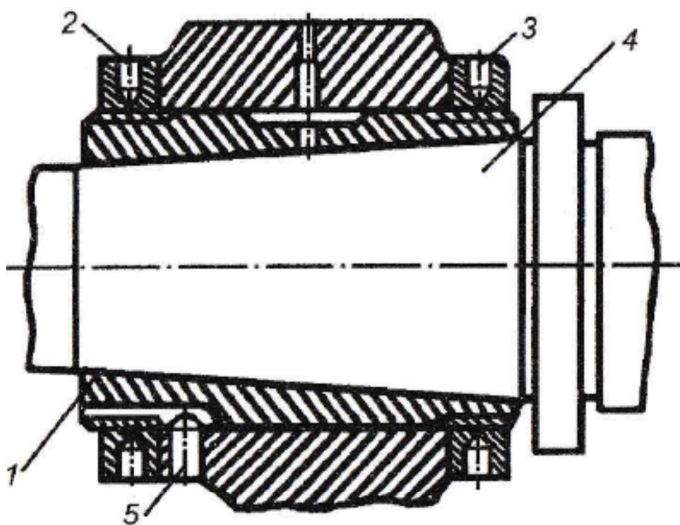


Рис. 5.3. Подшипник неразъемный регулируемый:
1 – втулка; 2, 3 – гайки регулировочные; 4 – вал; 5 – штифт

В подшипниках скольжения важную функцию выполняют смазочные канавки. Они располагаются в ненагруженной зоне подшипника и не должны иметь острых граней и резких переходов. Во избежание вытекания смазки смазочная канавка не должна доходить до конца втулки или вкладыша на 0,1 длины. Ориентировочная глубина канавок принимается 0,025, а ширина 0,1 от величины внутреннего диаметра подшипника.

К основным дефектам подшипников скольжения относятся следующие:

- износ поверхности скольжения втулок и вкладышей в корпусах;
- нарушение крепления втулок и вкладышей в корпусах;
- искажение профиля смазочных канавок;
- износ торцов вкладышей;
- расплавление, растрескивание антифрикционного слоя;
- поломка деталей корпуса и крышки, срыв резьбы;
- засорение маслоподводящих трубок и отверстий и др.

Изношенные втулки и вкладыши подшипников скольжения восстанавливают следующими методами:

1. Втулки развертывают или растачивают с последующим шабрением под ремонтный размер, при этом диаметр вала увеличивают наращиванием материала с последующей механической обработкой.

2. Внутренний диаметр втулки уменьшают ее осадкой с последующей обработкой (чистовое растачивание, развертывание и т. п.).

3. Биметаллические втулки вновь заливают и обрабатывают в номинальный или ремонтный размер.

4. При ослаблении посадки втулки в корпусе ее наружный диаметр увеличивают металлизацией, осталиванием, электролитическим наращиванием и т. д. и производят механическую обработку нанесенного слоя.

5. При больших износах вкладышей разъемных регулируемых подшипников (толщина регулировочной прокладки менее 0,5 мм) их заменяют новыми или восстанавливают. При небольшом износе и увеличении зазора в разъемных регулируемых подшипниках убирают (или заменяют) соответствующую прокладку из комплекта и правильность геометрической формы восстанавливают шабрением.

Качество шабрения оценивается по числу пятен краски на площади 25×25 мм: для внутренней поверхности отверстия

при диаметре до 120 мм число пятен должно быть не менее 16, при диаметре свыше 120 мм – 10, для наружной цилиндрической поверхности – 6, а для торцевой – 12.

Изнашивание втулок и вкладышей протекает неравномерно, и это приводит к увеличению зазоров, проявлению овальности, конусообразности и бочкообразности. Если величина зазора в паре вал–подшипник выходит за установленные пределы, то сопряжение подлежит ремонту.

Величина зазора определяется щупом в верхней части подшипника. В разъемных подшипниках зазор можно определить при помощи трех свинцовых пластинок (проволочек) 2, 4 и 5, которые устанавливают, как показано на рис. 5.4.

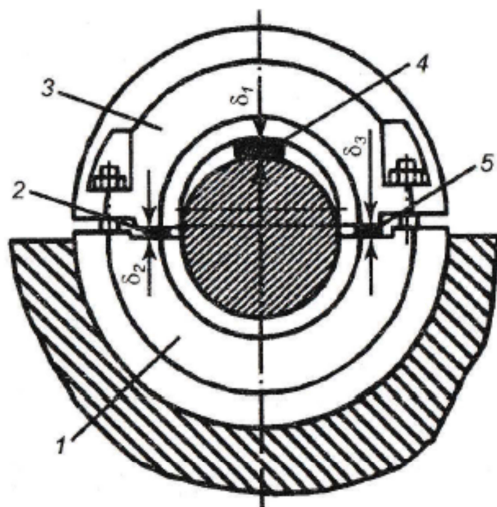


Рис. 5.4. Схема определения величины зазора в подшипнике скольжения:
1 – вкладыш; 2, 4, 5 – свинцовые пластинки; 3 – крышка

Величина зазора h определяется по формуле

$$h = \delta_1 - \left(\frac{\delta_2 + \delta_3}{2} \right), \quad (5.3)$$

где δ_1 – толщина верхней пластины после демонтажа;

δ_2, δ_3 – толщина средних пластин после демонтажа.

Подшипники с дефектами антифрикционного слоя при ремонте обычно перезаливают или наплавляют на старый антифрикционный слой с последующей расточкой и пригонкой по шейке вала. Восстановление, связанное с перезаливкой рабочего слоя, например, баббита, включает следующие основные этапы: подготовку подшипника к заливке (обезжиривание в 10 % растворе каустической или кальцинированной соды, удаление старого антифрикционного слоя выплавлением, индивидуальный подбор вкладышей к корпусам подшипников, лужение, плавление баббита, подогрев формы), заливку и механическую обработку. Температура нагрева баббита зависит от его марки, например, для баббита Б-83 она составляет 180–200 °С и 150–175 °С – для баббита БТ. Заливка баббитом подготовленного вкладыша осуществляется сразу после лужения, чтобы полуда не успела окислиться.

Дополнительные ремонтные детали применяются при восстановлении изношенных деталей под ремонтные, а чаще под номинальные размеры. На предварительно обработанную изношенную поверхность детали устанавливают специально изготовленную дополнительную деталь (ДРД) в виде втулки, резьбового свертыша, зубчатого венца и др. (рис. 5.5).

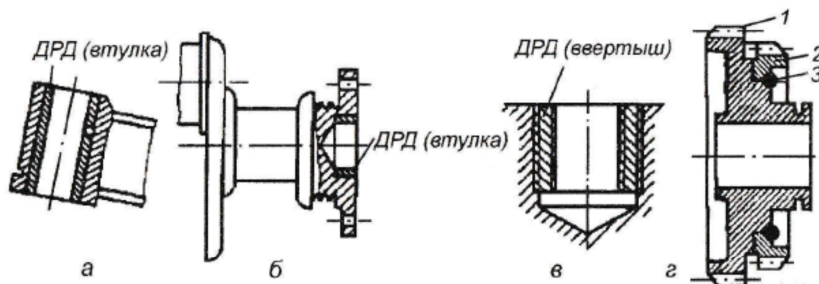


Рис. 5.5. Примеры применения дополнительных ремонтных деталей:

а, б – цилиндрических отверстий; *в* – резьбового отверстия;

г – венца зубчатого колеса

Этим способом восстанавливают посадочные поверхности под подшипники качения на валах и в корпусных деталях, отверстия с изношенной резьбой, блоки зубчатых колес и др.

Крепление ДРД может осуществляться за счет гарантированного натяга, установки стопорных винтов или шпилек (для крепления втулок, резьбовых ввертышей), привариванием в нескольких точках или по всему контуру соединения деталей, склеиванием.

Сборку дополнительной и восстанавливаемой деталей выполняют обычно под прессом. При этом происходит изменение размеров втулки, что необходимо учитывать при окончательной обработке ее рабочей поверхности. При напрессовке втулки на вал увеличивается ее наружный диаметр, а при запрессовке в отверстие уменьшается ее внутренний диаметр.

Усилие запрессовки подсчитывают по формуле

$$F = f\pi dLp, \text{ Н}, \quad (5.4)$$

где f – коэффициент трения ($f = 0,08-0,10$);

d – диаметр контактирующих поверхностей, м;

L – длина запрессовки, м;

p – удельное контактное давление сжатия, Па.

Диаметр контактирующей поверхности:

– для вала $d = d_{\text{н}}$,

– для втулки $d = d_{\text{в}} + 2\delta$,

где $d_{\text{н}}$, $d_{\text{в}}$ – соответственно нижнее и верхнее значения диаметра вала и втулки, м;

δ – толщина втулки, м.

Значение минимально допустимой толщины втулки определяют из условия прочности:

$$\delta = \frac{pnd}{2[\sigma]}, \quad (5.5)$$

где $n = \frac{\sigma_T}{[\sigma]}$ – запас прочности;

$[\sigma]$ – допускаемое напряжение, Па;

σ_T – предел текучести материала втулки, Па.

К расчетной толщине δ втулки необходимо прибавить припуск на ее механическую обработку после запрессовки.

При больших натягах, а также для повышения прочности соединения втулки с восстанавливаемой деталью их сборку осуществляют с нагревом охватывающей или охлаждением охватываемой детали. Температуру нагрева охватывающей детали определяют по формуле

$$T = \frac{10^{-3}K(\Delta + S)}{\alpha d}, \quad (5.6)$$

где $K = 1,15-1,3$ – коэффициент, учитывающий охлаждение или нагрев детали в процессе сборки;

Δ – максимальный расчетный натяг, мкм;

S – гарантированный зазор, мкм;

α – коэффициент линейного расширения охватывающей детали при нагреве или охватываемой при охлаждении;

d – диаметр сопряжения, мм.

4. Порядок выполнения работы

4.1. Положить коленчатый вал на стол с картонной подложкой.

4.2. Произвести замеры шатунных шеек коленчатого вала в двух плоскостях (горизонтальной и вертикальной), данные занести в табл. 5.1.

Таблица 5.1

Результаты замеров износа шатунных шеек

№ цилиндра	Номинальный размер вала (шейки)	Размер по микрометру, мкм		Величина износа, мм		Максимальный износ, мм
		вертикально	горизонтально	вертикально	горизонтально	
1						
2						
3						
4						

Используя данные таблицы и номинальный размер, определить максимальный износ И, наблюдаемый на коленчатом валу.

4.3. По формуле (5.1) определить ремонтный размер вала.

4.4. По формуле (5.2) рассчитать количество ремонтных размеров, которые можно выполнить для данного коленчатого вала; при этом необходимо исходить из условия, что ремонтные вкладыши имеют 4 группы с интервалом 0,25 мм.

4.5. Установить, как показано на рис. 5.4, свинцовые пластины, произвести затяжку крепежных гаек и демонтировать пластины.

4.6. Определить величину зазора по формуле (5.3).

4.7. Определить температуру нагрева зубчатого венца маховика ДВС при условии, что максимальный натяг составит 350 мкм (ДРД – сталь 40 X).

По результатам измерений сделать выводы о ремонтпригодности данного коленчатого вала.

Лабораторная работа № 6

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ ТИПА ВАЛОВ И ОСЕЙ

1. Цель работы

1.1. Изучить основные дефекты валов и осей.

1.2. Освоить основные способы и технологию восстановления валов на примере экспонатов, имеющих в лаборатории.

2. Основные правила по технике безопасности

2.1. Запрещается хождение по лаборатории.

2.2. В период проведения занятий необходимо выполнять только ту работу, которая поручена; запрещается проводить другие работы.

3. Основные положения

Детали типа валов и осей применяются во всех механизмах горных машин и оборудования и работают при различных видах трения и нагрузках. Они изготавливаются обычно из конструкционных среднеуглеродистых и легированных сталей, а также высокопрочного чугуна. В зависимости от назначения детали данного класса могут иметь шейки, отверстия, наружную и внутреннюю резьбу, шпоночные канавки, шлицы, зубья, кулачки, фланцы и др. Их рабочие поверхности обычно подвергаются закалке токами высокой частоты или цементацией с последующей закалкой и низкотемпературным отпуском. В зависимости от соотношения длины к диаметру различают жесткие (отношение не более 12) и нежесткие валы (отношение больше 12).

При эксплуатации на валы действуют переменные нагрузки и температура, силы трения при наличии абразива и разнообразных внешних факторов, под действием которых вал в целом

и отдельные его поверхности подвержены деформации (изгибу, скручиванию, смятию), различным видам износа (усталостному, окислительному, молекулярно-механическому, абразивному и др.) и разрушениям.

Таблица 6.1

Основные дефекты валов и методы их устранения

Дефект	Способ устранения
Износ (овальность, конусность, бочкообразность), задиры посадочных шеек подшипников, шестерен, маховиков	Шлифовка под ремонтный размер. Нанесение покрытий наплавкой, металлизацией, гальваническими и электрофизическими методами, электроконтактной приваркой ленты или проволоки, газотермическим и плазменным напылением порошковых и композиционных материалов с последующей термической и механической обработкой
Изгиб вала: 0,15–0,2 мм 0,2–1,2 мм	Шлифование шеек под ремонтный размер Правка под прессом или чеканкой
Износ шпоночных канавок	Фрезерование канавки под больший размер шпонки или новой канавки; наплавка с последующим фрезерованием шпоночной канавки
Износ посадочного отверстия под подшипник в торце вала	Растачивание отверстия, запрессовка втулки с последующим растачиванием, применение полимеров
Износ наружной резьбы	Проточка изношенной резьбы с нарезанием вместо нее резьбы меньшего размера. Наплавка изношенной резьбы, термообработка, протачивание и нарезание новой резьбы
Износ внутренней резьбы	Растачивание или зенкерование с последующим нарезанием резьбы увеличенного размера, углубление резьбовых отверстий с последующим нарезанием такой же резьбы под удлиненные болты (пробки), постановка резьбового свертыша

Дефект	Способ устранения
Торцевое биение фланца маховика	Подрезание торца фланца на токарном станке с последующей балансировкой вала
Трещины	Шлифование шеек под ремонтный размер, разделка трещины с помощью абразива, заварка и наплавка с последующей термической и механической обработкой
Коррозионное разрушение трущихся поверхностей	Зачистка шлифовальной шкуркой, шлифование и полирование

Восстановление посадочных поверхностей производят:

– если задиры и царапины расположены менее чем на 30 % ее площади, то производят зачистку шлифовальной шкуркой, а на большей – обрабатывают всю посадочную поверхность;

– если износ вала превышает 0,2 мм на сторону, то применяется наплавка (ручная, автоматическая под слоем флюса, в среде защитного газа и вибродуговая). Наплавку выполняют обычно по винтовой линии. При ремонте валов недостаточной жесткости, отсутствии необходимого оборудования, наплавку ведут вдоль оси вала в определенной последовательности, обеспечивая минимальные его деформации (рис. 6.1).

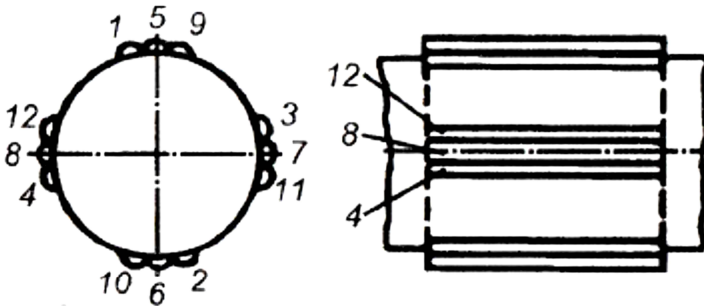


Рис. 6.1. Схема наплавки продольными валиками:
1–12 – последовательность наложения валиков

После наплавки вал подвергают термической обработке для снятия внутренних напряжений, при необходимости правят и обрабатывают под номинальный размер восстанавливаемые поверхности.

Характерными дефектами шлицов является износ, смятие и выкрашивание рабочих боковых поверхностей. Допустимый износ по толщине зуба прямобочных шлицов принимается от 0,2 до 0,4 толщины цементированного слоя. Для термически необработанных или только улучшенных шлицевых валов износ шлицов допускается в пределах 3–5 % их номинальной ширины (эвольвентных – 6–10 %).

При незначительном износе по ширине (0,1–0,2 мм) шлицы восстанавливают хромированием или электроискровым наращиванием боковых поверхностей с последующей шлифовкой.

При большом износе поверхности наплавляют с последующим фрезерованием в номинальный размер, при небольшом износе боковых поверхностей шлицов их ширину восстанавливают осадкой, перед которой шлицевой конец вала отпускают (рис. 6.2)

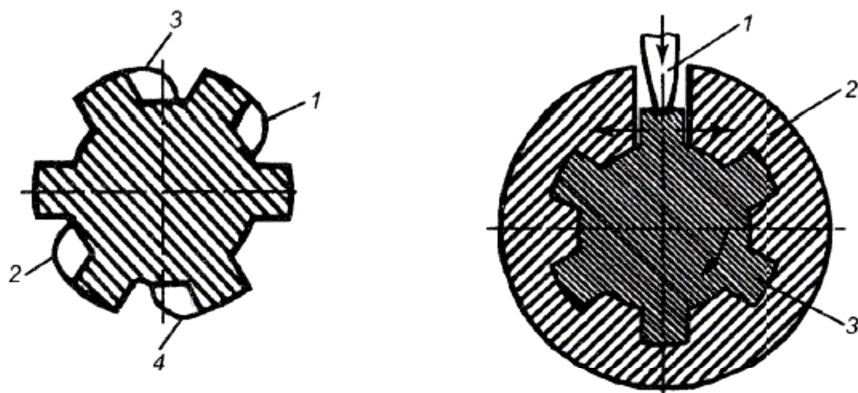


Рис. 6.2. Схемы восстановления шлицов:
a – наплавка изношенных шлицов; *б* – осадка шлицов

При замене скрученной шлицевой части ее отрезают. К оставшейся части вала приваривают цилиндрический стержень с резьбовым соединением по оси вала. После токарной обработки нарезают шлицы в соответствии с чертежом.

Шпоночные пазы имеют аналогичные дефекты, устранение которых возможно за счет увеличения ширины с постановкой шпонки ремонтного размера или ступенчатой шпонки, изготовлением шпоночного паза на новом месте или наплавкой паза с последующим фрезерованием в номинальный размер.

4. Порядок выполнения работы

- 4.1.** Определить дефекты вала.
- 4.2.** Выбрать оптимальный способ устранения дефектов.
- 4.3.** Нанести мелом разметку последовательности наплавки продольных валиков посадочной поверхности вала.

Лабораторная работа № 7

СБОРКА ТИПОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ

1. Цель работы

1.1. Изучить основные способы и оборудование для неразъемных и разъемных соединений.

1.2. Освоить основные способы и технологию сборки узлов с разъемными соединениями.

2. Основные правила по технике безопасности

2.1. Запрещается хождение по лаборатории.

2.2. В период проведения занятий необходимо выполнять только ту работу, которая поручена; запрещается проводить другие работы.

2.3. При выполнении работ применять только исправный инструмент и только по назначению.

3. Основные положения

Неразъемные соединения деталей машин могут быть неподвижными и подвижными. Неразъемные неподвижные соединения получают сваркой, пайкой, склеиванием, клепкой, развальцовкой, комбинированными способами.

При сборке сваркой требуется правильно установить и закрепить соединяемые детали. Для этого служат различные устройства – переносные и стационарные (рис. 7.1).

Переносные сборочные приспособления, к которым относятся струбцины, стяжки, распорки, домкраты, приспособления с магнитами и др., широко применяются в условиях многосерийного или единичного производства.

Струбцины служат для фиксации определенного положения деталей и соединения их между собой перед сваркой.

Винтовые стяжки обеспечивают правильное взаимное расположение кромок соединяемых деталей.

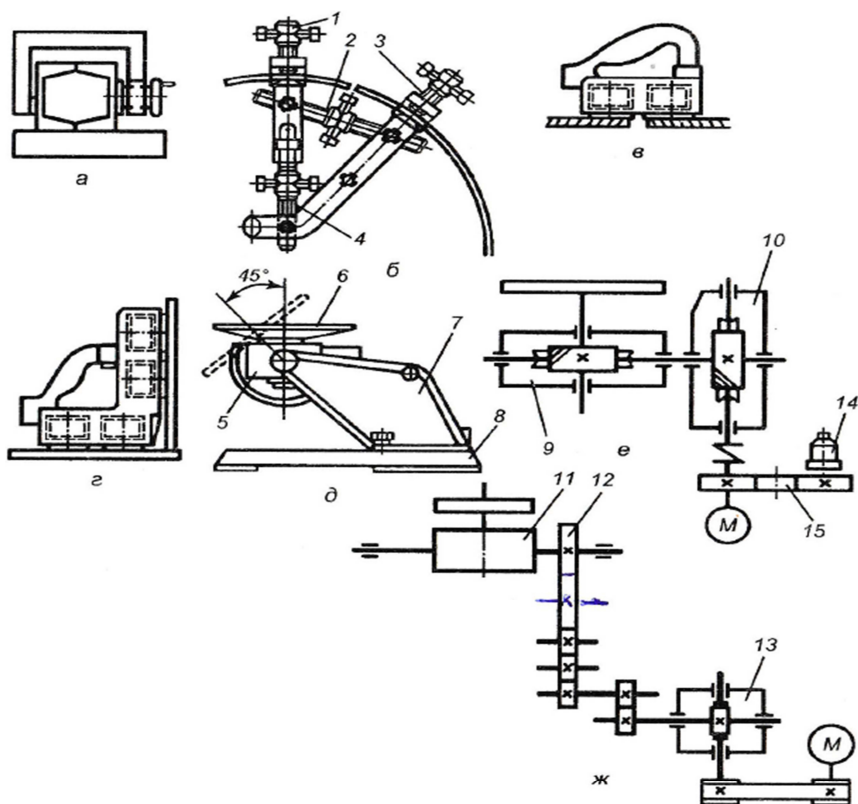


Рис. 7.1. Переносные приспособления и стационарное оборудование для сборки сваркой:

a – струбцина; *б* – винтовая стяжка; *в, г* – магнитные фиксаторы соответственно для фиксации зазора и сборки угловых и стыковых соединений; *д* – манипулятор; *е, ж* – кинематические схемы механизмов вращения и наклона манипулятора; 1, 3 – винтовые струбцины; 2, 4 – винты; 5, 11 – поворотные столы; 6 – план-шайба; 7 – корпус; 8 – опора; 9, 10, 13 – червячные редукторы; 12 – зубчатый сектор; 14 – тахогенератор; 15 – зубчатые колеса; *M* – двигатель

Электромагнитные фиксаторы применяются для обеспечения установленного зазора между кромками свариваемых деталей, а также для фиксации перед сваркой угловых и стыковых соединений.

Для установки соединяемых деталей в удобное для сварки положение применяют различное стационарное оборудование и приспособления – манипуляторы, кондукторы и др.

В ряде случаев при изготовлении металлических конструкций – ферм, рам, балок и др., вместо сварных применяются заклепочные соединения, которые тоже относятся к группе неразъемных соединений. Применяются заклепки с полукруглой (высокой и низкой) плоской, потайной и полупотайной головкой, диаметром стержня до 36 мм и длиной до 180 мм, из материалов, обладающих хорошей пластичностью: сталей Ст2, Ст3, 10, 15, меди М3, латуни Л63, алюминиевых сплавов АМг5П, Д18, АД1, а для ответственных соединений – из легированной стали 9Г2, Х18Н9Т. Заклепки, как правило, должны быть из того же вида материала, что и соединяемые детали, т. к. в противном случае коррозионные процессы в заклепочном соединении протекают более интенсивно.

Расстояние от центра заклепки до края склепываемых деталей должно составлять 1,5 диаметра заклепки. Необходимое число, диаметр и длину заклепок определяют расчетным путем.

Длину стержня заклепки с замыкающей потайной головкой определяют по формуле (рис. 7.2)

$$l = S + (0,8-1,2) d, \quad (7.1)$$

где l – длина стержня заклепки, мм;

S – толщина склепываемых деталей в пределах длины стержня, мм;

d – диаметр заклепки, мм.

Для заклепки с замыкающей полукруглой головкой принимают

$$l = S + (1,2-1,5) d. \quad (7.2)$$

В зависимости от диаметра заклепки отверстия в склепываемых листах сверлят или пробивают, их диаметр должен быть

на 0,1 мм больше диаметра заклепки (до 4 мм) и на 0,2 мм при большем диаметре.

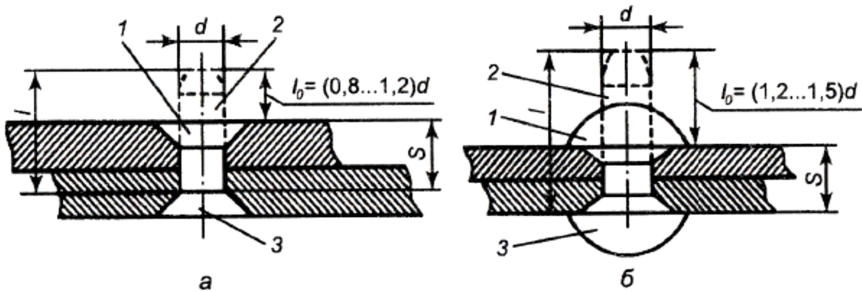


Рис. 7.2. Элементы заклепочного соединения:

a – с потайной головкой; *б* – с полукруглой головкой;

1 – замыкающая головка; *2* – стержень; *3* – закладная головка

Клепку подразделяют на холодную (без нагрева) и горячую (с нагревом до 1000–1100 °С), чаще применяют холодную, т. к. лучше стягиваются соединяемые детали.

Разъемные соединения (резьбовые, шпоночные, шлицевые, штифтовые и др.) являются наиболее распространенными. Например, в горных машинах и оборудовании резьбовые соединения составляют около 30 % от общего количества применяемых соединений. Момент затяжки болтового соединения с треугольной резьбой определяется по формуле

$$M_{\text{зат}} = P_{\text{кл}} l = (2 - 2,5) P_{\text{зат}} d_{\text{ср}}, \text{ Н}\cdot\text{м}, \quad (7.3)$$

где $P_{\text{кл}}$ – усилие, прикладываемое к ключу, Н;

l – длина ключа, м;

$P_{\text{зат}}$ – усилие затяжки, Н.

Исходя из этой формулы, определяют длину ключа, учитывая, что допустимое значение прилагаемого к нему усилия при ручной сборке составляет 150–200 Н.

Шпоночные соединения служат для передачи крутящего момента от вала к ступице колеса, шкива, муфты или наобо-

рот, и в некоторых случаях для фиксации их относительного положения на валу в осевом направлении. Шпоночные соединения разделяются на две группы: ненапряженные призматические и сегментные; напряженные клиновые (тангенциальные, фрикционные, на лыске и врезные) (рис. 7.3).

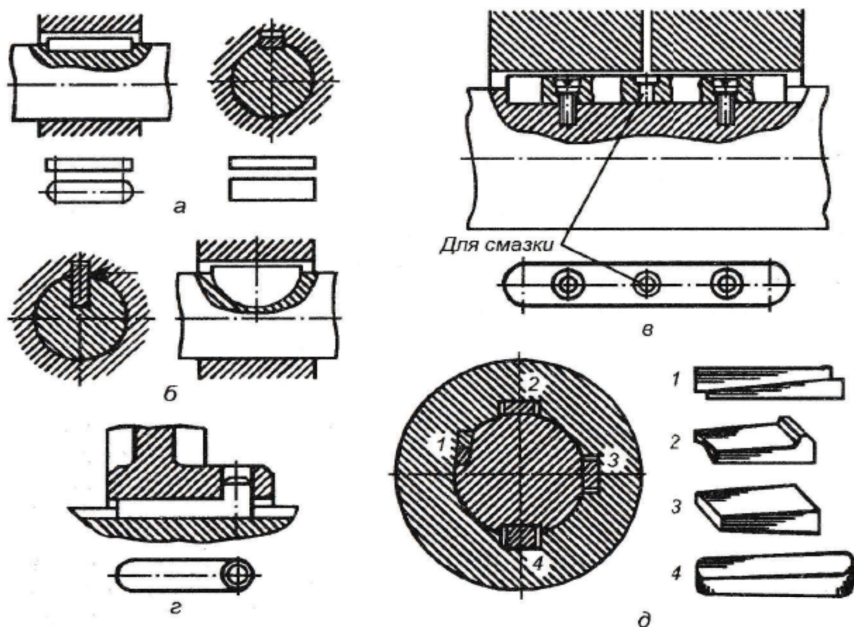


Рис. 7.3. Типы шпонок, применяемых в горных машинах и оборудовании:
а – призматическая; *б* – сегментная; *в* – скользящая; *г* – направляющая;
д – клиновые; *1* – тангенциальная; *2* – фрикционная;
3 – на лыске; *4* – врезная

К разъемным соединениям относятся и штифтовые соединения, которые служат для фиксации при сборке точного взаимного расположения деталей. Применяются также специальные срезные штифты, являющиеся предохранительными элементами.

По форме различают цилиндрические гладкие, конические и цилиндрические с насеченными канавками штифты (рис. 7.4).

Штифты с насечками не требуют развертывания отверстий и обеспечивают повышенную надежность от выпадания без дополнительных средств закрепления. Конусные штифты имеют конусность 1:50, обеспечивающую самоторможение и центрирование деталей. Фиксация положения деталей коническими штифтами более жесткая, чем цилиндрическими. Однако при наличии в соединениях знакопеременных нагрузок и вибрации возможно выпадение под их действием конического штифта. Надо помнить, что конические многократно, а цилиндрические практически разово.

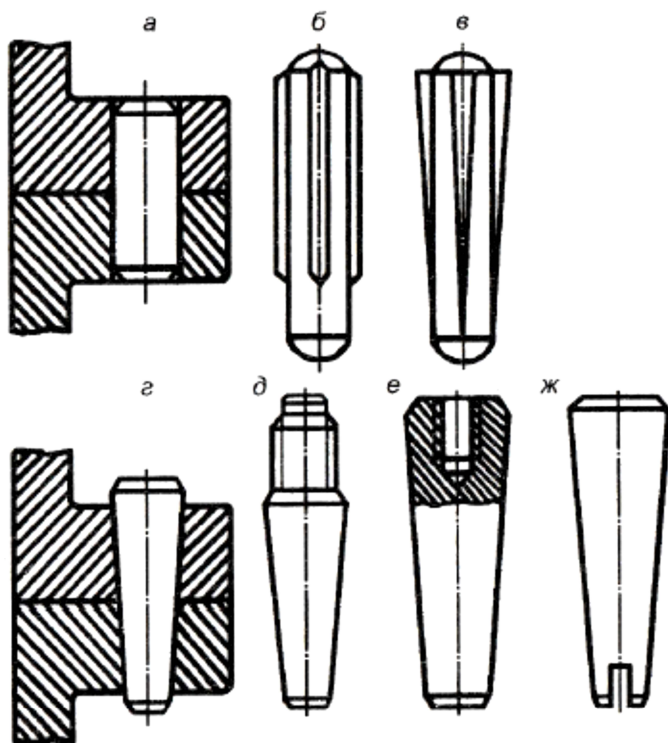


Рис. 8.4. Штифты и штифтовые соединения:

а – цилиндрическое штифтовое соединение; *б, в* – штифты цилиндрические с насечными канавками; *г* – коническое штифтовое соединение; *д, е* – исполнения конических штифтов

Собирают штифтовое соединение с помощью молотка через прокладку или под прессом, а для облегчения разборки соединения штифт должен выступать на 1–2 мм над поверхностью детали (при сквозном отверстии).

4. Порядок выполнения работы

4.1. Произвести сверления под заклепки с потайной головкой соединяемых деталей (двух стальных пластин).

4.2. Рассчитать длину стержня заклепки.

4.3. Заклепать изделия холодной клепкой.

4.4. Произвести расчет момента затяжки болтового соединения.

4.5. Используя динамометрический ключ, произвести затяжку шпилек головки блока цилиндров в соответствии с представленной схемой (рис. 7.5).

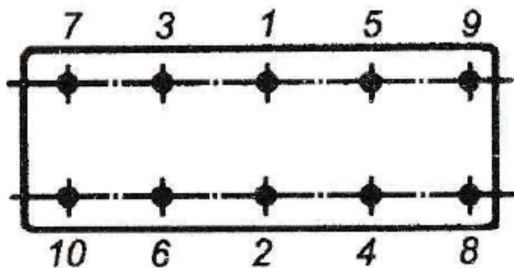


Рис. 7.5. Порядок затяжки шпилек ГБЦ

После выполнения работ сделать выводы по особенностям сборки разъемных соединений.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Корсаков, В. С. Основы технологии машиностроения. – М.: Высшая школа, 1974. – 335 с.
2. Егоров, М. Е. Технология машиностроения / М. Е. Егоров, В. И. Дементьев, В. Л. Дмитриев. – М.: Высшая школа, 1976. – 534 с.
3. Кован, В. М. Основы технологии машиностроения / В. М. Кован [и др.]. – М.: Машиностроение, 1977. – 416 с.
4. Балахшин, Б. С. Основы технологии машиностроения / Б. С. Балахшин. – М.: Машиностроение, 1969. – 559 с.
5. Ящерицын, П. И. Основы технологии механической обработки и сборки в машиностроении / П. И. Ящерицын. – Мн.: Вышэйшая школа, 1974. – 607 с.
6. Барановский, Ю. В. Режимы резания металлов: справочник / Ю. В. Барановский. – М.: Машиностроение, 1972. – 407 с.
7. Денежный, П. М. Токарное дело / П. М. Денежный, Г. М. Стискин, И. Е. Тхор. – М.: Высшая школа, 1979. – 195 с.
8. Барбашов, Ф. А. Фрезерное дело / Ф. А. Барбашов. – М.: Высшая школа, 1973. – 275 с.

Учебное издание

ЭКСПЛУАТАЦИЯ ГОРНЫХ МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ

Лабораторный практикум
для студентов специальностей
1-36 10 01 «Горные машины и оборудование
(по направлениям)»

Составители:

ТАРАСОВ Юрий Иванович
БОРИСЕЙКО Владимир Васильевич

Редактор *Е. О. Германович*

Компьютерная верстка *Н. А. Школьниковой*

Подписано в печать 26.02.2021. Формат 60×84 ¹/₁₆. Бумага офсетная. Ризография.

Усл. печ. л. 2,79. Уч.-изд. л. 2,18. Тираж 100. Заказ 780.

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.