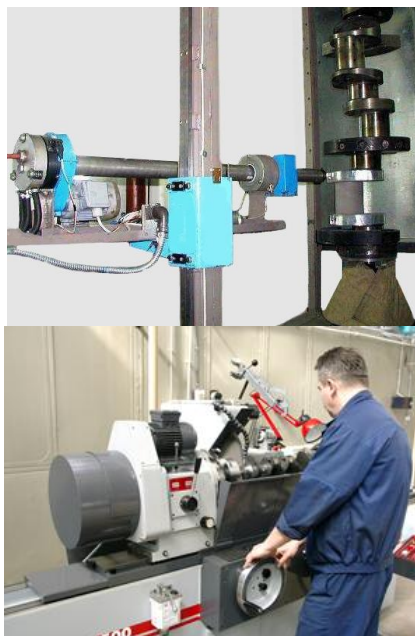


НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНЖЕНЕРНЫЙ ИНСТИТУТ

Технологические процессы реновации деталей машин

**ВОССТАНОВЛЕНИЕ КОЛЕНЧАТЫХ ВАЛОВ
АВТОТРАКТОРНЫХ ДВС**

Методические указания
к лабораторно-практическим работам



Новосибирск 2021

УДК 621.431
ББК 39.33

Составитель: канд. техн. наук, доцент *В.Н. Хрянин*

Технологические процессы реновации деталей машин. Восстановление коленчатых валов автотракторных ДВС: метод. указания / Новосиб. гос. аграр. ун-т; Инж. ин-т; сост.: В.Н. Хрянин. . 2 - е изд., перераб. и доп.– Новосибирск, 2021. – 31 с.

В методических указаниях представлены характерные дефекты коленчатых валов автотракторных ДВС, способы их определения и устранения, даны необходимые рекомендации по выбору способа восстановления коленчатых валов, приведены последовательность и основные операции технологического процесса восстановления коленчатых валов.

Методические указания предназначены для выполнения лабораторно-практических работ студентами очной и заочной форм обучения, обучающихся по направлениям подготовки «Агроинженерия» и «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов».

Утверждены и рекомендованы к изданию методическим советом Инженерного института НГАУ протокол №4 от 24 ноября 2020 г.).

© Новосибирский государственный
аграрный университет, 2021
© Инженерный институт, 2021

ВВЕДЕНИЕ

Методические указания выполнены в рамках рабочих программ по дисциплинам «Технологические процессы реновации деталей машин», «Технологии восстановления деталей машин и оборудования», «Основы технологии производства и ремонта ТИТМО» и в полном объеме соответствуют требованиям ФГОС ВО по направлениям подготовки «Агроинженерия» и «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов».

Цель работы: изучить дефекты коленчатых валов и причины их появления; исследовать характер изнашивания коленчатых валов ДВС; ознакомить студентов с оборудованием инструментом и материалами, применяемыми при восстановлении коленчатых валов тракторных ДВС; закрепить теоретические знания по технологическим процессам восстановления коленчатых валов; ознакомиться с оборудованием для шлифования коленчатых валов; получить практические навыки по выполнению отдельных операций по восстановлению коленчатых валов ДВС на ремонтный размер.

Библиографический список

1. Технологические процессы в техническом сервисе машин и оборудования : учеб. пособие / И.Н. Кравченко, А.Ф. Пузряков, В.М. Корнеев [и др.]. — Москва : ИНФРА-М, 2018. — 346 с. + Доп. материалы [Электронный ресурс; Режим доступа: <https://new.znanium.com>]. — (Высшее образование: Бакалавриат). — www.dx.doi.org/10.12737/25226. - ISBN 978-5-16-105517-5. - Текст: электронный. - URL: <https://new.znanium.com/catalog/product/966987>
2. Технология ремонта машин / Е.А. Пучин, В.С. Новиков, Н.А. Очковский и др.; под ред. Е.А. Пучина. — М.: КолосС, 2007. — 448 с.
3. Практикум по ремонту машин / Б.А. Богачев, А.А. Гаджиев, И.Н. Кравченко и др. — М.: КолосС, 2009. — 327 с.
4. Техническое обслуживание и ремонт машин в сельском хозяйстве: учеб. пособие / под ред. В.И. Черноиванова. — Москва-Челябинск: ГОСНИТИ, ЧГАУ, 2003. — 415 с.
5. Справочник по ремонту базовых двигателей / В.П. Усков. — Брянск: КГТ, 1998. — 589 с.
6. Ремонт двигателей зарубежных автомобилей / А.Э. Хрулев. — М.: Изд-во «За рулем», 1999. — 440 с.

Материальное обеспечение лабораторно-практической работы

1. Станок 3А423 (для шлифовки шатунных и коренных шеек коленчатых валов автотракторных ДВС)
2. Приспособлением для полирования шатунных и коренных шеек коленчатых валов автотракторных ДВС.
3. Приспособление для балансировки шлифовального круга.
4. Приспособление для установки и ориентации коленчатого вала для шлифования на станке 3А423— 2 шт.
5. Неподвижные люнеты — 2 шт.
6. Приспособление для правки шлифовального круга (торца и радиуса фаски).
7. Набор балансировочных грузов для балансировки шпиндельной системы с установленным коленчатым валом.
8. Центры с конусом Морзе № 4, №5
9. Рейсмус, штангенрейсмус.
10. Стойка индикатора с индикатором часового типа ИЧ.
11. Микрометр МК-50-100 ГОСТ 6507-90;
12. Шаблоны для проверки радиусов галтелей.
13. Набор эталонных плит шероховатостей (профилометр, прибор для проверки шероховатости)..
14. Твердомер (выдается учебным мастером по заданию преподавателя).
15. Штангенциркуль ШЦ-I-0,1-1-150 ГОСТ 166-89 (ИСО 3599-76);
16. Отвертка слесарная ГОСТ 17199-88;
17. Набор ключей ГОСТ 2839-80;
18. Молоток слесарный ГОСТ 2310-77;
19. Автотракторные коленчатые валы для шлифования.

Задание к лабораторно-практической работе

1. Изучить устройство станка для шлифования коленчатых валов.
2. Изучить устройство приспособления для полирования шеек коленчатых валов.
3. Изучить технику безопасности при выполнении работы;
4. Произвести дефектацию коленчатого вала (измерить изгиб коленчатого вала, определить величину и характер износа коренных и шатунных шеек и назначить ремонтный размер);
5. Разработать маршрутно-операционный процесс восстановления коленчатых валов автотракторных ДВС на ремонтный размер;

6. Установить режимы шлифования, настроить станок и произвести шлифование коренных и шатунных шеек на ремонтный размер по заданию преподавателя (учебного мастера);
7. Сдать рабочее место учебному мастеру;
8. Составить отчет о работе и сдать преподавателю.

Указания по технике безопасности

1. Студент до работы на станке должен ознакомиться с устройством станка, органами управления и настоящими методическими указаниями,
2. Перед пуском станка, обязательно показать учебному мастеру (преподавателю) правильность настройки станка.
3. Без разрешения учебного мастера (преподавателя) станок в работу **не включать**.
4. При работе на станке, у работающих не должно быть болтающихся концов одежды (галстуков, концов косынок и т.п.), посторонних предметов в руках и т.д.
5. Перед каждым пуском станка убеждаться, что никто из членов звена не подвержен опасности получения травмы. Предупреждать других членов звена о пуске станка.
6. Перед тем, как включить станок в работу, надо **тщательно проверить** ручную вращение установленного вала, правильность расположения шлифовального круга и люнета против обрабатываемой шейки, убрать со станка все лишние предметы и проверить надежность крепления вала и балансируемых грузов.
7. Проверить шлифовальный круг на отсутствие повреждений.
8. **Запрещается** работа несбалансированным шлифовальным кругом.
9. **Запрещается** во время работы станка:
 - стоять в плоскости вращения круга;
 - измерять ручным инструментом шейки вала;
 - тормозить руками вращение обрабатываемого вала.

Организация проведения лабораторно-практической работы*

***30 мин – Работа с подгруппой.** Вводная информация преподавателя: постановка задачи, ознакомление с общими вопросами по восстановлению коленчатых валов автотракторных ДВС. Изучение особенностей проявления дефектов коленчатых валов ДВС.

***30 мин – Работа с подгруппой.** Разработать маршрутно-операционный процесс восстановления коленчатых валов автотракторных ДВС на ремонтный размер. Оформить маршрутно-операционную карту на восстановление коленчатых валов ДВС.

***40 мин – 1-е звено.** Произвести дефектацию коленчатого вала. Произвести установку коленчатого вала на призмах и определить значение и направление прогиба коленчатого вала. Представить в отчете эпюру изгиба коленчатого вала. Ознакомиться со способами правки и произвести правку коленчатого вала методом наклепа. Произвести контроль качества выполненной работы.

***40 мин – 2-е звено.** Изучить устройство станка, абразивные материалы и установочно-зажимные приспособления, применяемые при шлифовании коленчатых валов автотракторных ДВС. Ознакомиться с методикой и произвести правку абразивного круга для шлифования коленчатого вала. Произвести настройку станка для шлифования шатунных шеек коленчатого вала. Подобрать режимы шлифования, установить и закрепить коленчатый вал в патронах станка. Произвести шлифования шатунных шеек коленчатого вала. Произвести контроль качества выполненной работы.

***40 мин – 1-е звено.** Изучить устройство станка, абразивные материалы и установочно-зажимные приспособления, применяемые при шлифовании коленчатых валов автотракторных ДВС. Ознакомиться с методикой и произвести правку абразивного круга для шлифования коленчатого вала. Произвести настройку станка для шлифования шатунных шеек коленчатого вала. Подобрать режимы шлифования, установить и закрепить коленчатый вал в патронах станка. Произвести шлифования шатунных шеек коленчатого вала. Произвести контроль качества выполненной работы. Сдать рабочее место учебному мастеру.

***40 мин – 2-е звено.** Произвести дефектацию коленчатого вала. Произвести установку коленчатого вала на призмах и определить значение и направление прогиба коленчатого вала. Представить в отчете эпюру изгиба коленчатого вала. Ознакомиться со способами правки и произвести правку коленчатого вала методом наклепа. Произвести контроль качества выполненной работы. Сдать рабочее место учебному мастеру.

***30 мин – Работа с подгруппой.** Ответить на контрольные вопросы (см. стр. 27). Оформить отчет и защитить у преподавателя.

*Практическая часть работ проводится по звеньям.

Общие сведения

Коленчатый вал - одна из наиболее ответственных, дорогостоящих, а также сложных в ремонте деталей ДВС, определяющих его ресурс.

Основными требованиями к коленчатому валу современного двигателя являются:

- высокая точность всех поверхностей, сопрягаемых с другими деталями КШМ;
- высокая износостойкость и качество поверхностей подшипников скольжения;
- низкая масса, высокая усталостная прочность;
- уравновешенность.

Коленчатые валы большинства автомобильных двигателей - литые, из высокопрочного чугуна с шаровидным графитом. На высокофорсированных двигателях иногда применяются кованные валы из высокопрочной легированной стали. Коленчатый вал состоит из колен (рис. 1), представляющих собой две щеки 1, соединенные шейкой 2.

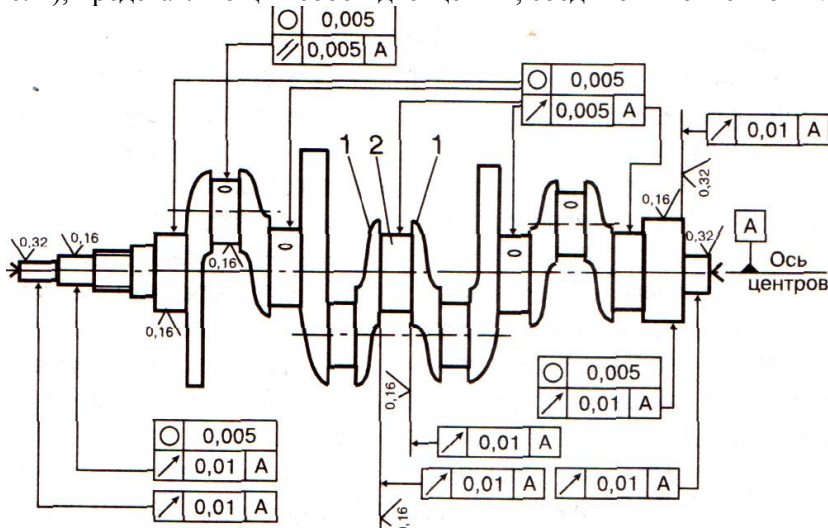


Рис. 1. Схема и основные требования к качеству и расположению поверхностей коленчатого вала: 1 — щека; 2 — шейка

Поверхности шеек термообрабатываются для повышения их твердости и износостойкости (чугунные - токами высокой частоты ТВЧ, а стальные - азотируются на глубину до 0,5-0,8 мм).

Щеки коленчатого вала могут быть как с противовесами, так и без них, причем конструкция вала, количество и расположение шатунных шеек и противовесов определяется конструктивной схемой двигателя.

Диаметры шатунных шеек у большинства двигателей легковых автомобилей лежат в пределах 40-55 мм, а коренных - 50-70 мм. Следует отметить, что встречаются двигатели с различными размерами коренных шеек на коленчатом валу.

Иногда одна или несколько шеек имеют несколько уменьшенный диаметр (обычно на 0,01-0,02 мм). Это делается для увеличения зазора в подшипниках, которые склонны к задирам и подклиниванию (из-за недостаточной прокачки масла). Встречаются также конструкции с увеличенным на 3-5 мм диаметром задней коренной шейки. Обычно это делается на дизелях, где устанавливаются массивные маховики, и задняя опора сильно нагружена (FORD, ALFA ROMEO и др.).

Коленчатый вал является прецизионной (т.е. очень точной) деталью. Диаметры шеек вала и хвостовика обычно выдерживаются с точностью до 0,015 мм. Очень большое значение для нормальной работы коренных подшипников имеет взаимное биение коренных шеек, которое у новых валов не превышает 0,005-0,008 мм.

Для работоспособности шатунных подшипников наиболее важным является перекос осей шатунных и коренных шеек, который не должен превышать 0,03-0,05 мм на длине вала. Общие требования ко всем шейкам - овальность и конусность не более 0,005 мм.

Для нормальной работы упорного подшипника необходимо обеспечить биение соответствующих торцевых поверхностей коленчатого вала не более 0,01 мм и заданный размер между ними с точностью до 0,015-0,025 мм.

Работоспособность подшипников должна быть обеспечена и герметичность сальниковых манжетных уплотнений вала. Это достигается чистотой и точностью выполнения поверхностей под передний и задний сальники (биение не более 0,01 мм относительно коренных шеек). Если передний сальник работает на поверхности деталей, установленных на хвостовике коленчатого вала (шкив или специальное кольцо), то биение хвостовика также не должно превышать 0,01 мм относительно коренных шеек. Шероховатость поверхности под кромку сальника не должна быть больше Ra 0,16 мкм. Биение хвостовика свыше 0,015-0,025 мм сокращает срок службы зубчатого ремня или цепи привода распределительного вала из-за возникновения циклических усилий в этих элементах.

Задний фланец коленчатого вала и центрирующий поясok, используемые для посадки и крепления маховика, также должны иметь допуск на биение относительно коренных шеек не более 0,01 мм. В противном случае маховик получает большой дисбаланс и становится незаменимым с коленчатым валом, что является нетехнологичным для ремонта.

Все поверхности скольжения коленчатого вала должны иметь высокую чистоту, достигаемую суперфинишной обработкой (полированием) после шлифования. Это позволяет уменьшить износ подшипников и сальников и ускорить их первоначальную приработку за счет сглаживания микронеровностей на рабочих поверхностях.

Технологической базой, относительно которой ведется обработка и проверка всех поверхностей вала, являются фаски переднего и заднего центровых отверстий.

У современных автотракторных ДВС моторесурс в значительной мере определяется долговечностью и надежностью коленчатых валов. Коленчатые валы коленчатые валы дизельных и карбюраторных автотракторных двигателей работают в сложных условиях. На них действуют усилия, возникающие в камере сгорания, инерционные усилия крутильные колебания. В ряде случаев затруднен подвод смазки к шейкам коленчатых валов. В результате действия высоких и непостоянных динамических нагрузок коленчатый вал подвергают кручению и изгибу. В структуре металла накапливаются усталостные повреждения, возникают микротрещины и другие дефекты.

Все это приводит к тому, что в процессе работы у них появляются дефекты и износы. Основные дефекты коленчатых валов у поступающих в ремонт двигателей и способы их устранения приведены в таблице 1.

Основными дефектами коленчатого вала являются: износ шатунных и коренных шеек, изгиб, повреждения резьбовых отверстий, радиальное и торцевое биение фланца под маховик, износ и повреждение отверстий под установочные штифты, износ шеек под распределительную шестерню, износ стенок шпоночных канавок; износ отверстия под подшипник вала муфты сцепления, износ упорных установочных поверхностей, трещины на шейках вала.

Для обнаружения трещин применяют метод магнитной дефектоскопии, при котором поперечные трещины лучше всего выявляются при продольном намагничивании, а продольные — при циркулярном.

*Таблица 1. Основные дефекты коленчатых валов
и способы их устранения*

| Дефект | Коэф-т повторяем ости | Основные способы устранения дефекта |
|--|-------------------------------|---|
| 1 | 2 | 3 |
| <p>Износ: коренных и шатунных шеек, овальность, конусность, задиры</p> <p>посадочных мест под распред. шестерню, шкив и маховик</p> | <p>1,0</p> <p>0,05...0,19</p> | <p>Шлифование под ремонтный размер. Нанесение покрытий наплавкой, электроконтактной приваркой ленты, газотермическим напылением порошковых материалов, металлизацией. Постановка полуколец, пластинирование. Наплавка, электроконтактная приварка ленты, металлизация</p> |
| маслосгонной резьбы | 0,1 | Углубление резьбы резцом до нормального профиля |
| поверхности фланца под маховик | 0,1 | Наплавка, металлизация |
| штифтов под маховик | 0,08 | Замена штифтов |
| шпоночных канавок | 0,05...0,19 | Фрезерование под увеличенный размер шпонок, новой шпоночной канавки. Наплавка с последующим фрезерованием. |
| посадочного места наружного кольца шарикоподшипника в торце вала | 0,43 | Растачивание посадочного места. Запрессовка втулки |
| отверстий под штифты крепления маховика | 0,12 | Развертывание под ремонтный размер; заварка. |
| резьбы (срыв более двух ниток резьбы) | 0,02...0,08 | Растачивание или зенкерование с последующим нарезанием резьбы увеличенного размера; углубление резьбовых отверстий с последующим нарезанием такой же резьбы под удлиненные болты (пробки). Постановка резьбовых спиральных вставок. |

Продолжение табл. 1

| 1 | 2 | 3 |
|--|-----------|---|
| Скручивание вала (угловое нарушение расположения кривошипов) | 0,8...1,0 | Шлифование шеек под ремонтный размер; наплавка шеек с последующей обработкой |
| Торцовое биение фланца | 1,0 | Подрезание торца фланца точением или шлифованием |
| Изгиб вала: до 0,15...0,2 мм | 0,5...1,0 | Шлифование под ремонтный размер. Правка под прессом или чеканка шеек |
| до 0,2...1,2 мм | 0,5...1,0 | |
| Трещины на шейках вала | 0,1 | Шлифование под ремонтный размер. Разделка трещин с помощью абразивного инструмента, заварка |

После магнитной дефектоскопии коленчатый вал размагничивают, пропуская через него ток обратной полярности, значение которого постепенно уменьшается до нуля.

Коленчатые валы с наличием трещин, как правило, выбраковывают. Считаются безопасными и допускаются для обработки не более трех продольных трещин длиной более 5 мм на поверхности каждой коренной и шатунной шейки, не выходящих на галтель, находящихся на расстоянии более 10 мм друг от друга и расположенных под углом менее 30 к оси.

Разбросанные мелкие трещины длиной до 5 мм на цилиндрической части шеек, а также выходящие на кромки отверстий масляных каналов допустимы, если их не более восьми на одной шейке.

Трещины подлежат разделке абразивным инструментом по всей длине с целью образования канавки радиусом 1,5...2 мм и глубиной 0,2...0,4 мм. Острые кромки по периметру дополнительно притупляют. Кромки трещин, расположенных строго по оси шейки, допускается обрабатывать плоским абразивным бруском типа БКв 25 x 150 зернистостью М40...М14 или брусками, близкими по характеристике. После обработки в зоне трещины снимают лыску шириной до 5 мм. [1]

Износ коренных и шатунных шеек обычно сопровождается задирами и выкрашиванием. Известно, что не менее 40% капитально от-

ремонтированных двигателей поступают в очередной ремонт из-за выхода из строя сопряжения шейки – вкладыш.

К основным причинам снижения срока службы сопряжения шейки – вкладыш и в целом двигателя относится загрязненность поступающих на сборку двигателя деталей, а также отклонения во взаимном расположении сопрягаемых поверхностей деталей кривошипно-шатунного механизма.

Шейки валов большинства двигателей в поперечном сечении изнашиваются неравномерно. Установлено, что инерционные силы изнашивают шатунные шейки в среднем на 75% и только 25% приходится на долю сил давления газов.

Максимальный износ коренных шеек зависит от расположения противовесов коленчатого вала. У двигателя ЗИЛ-508.10 коренная шейка максимально изнашивается со стороны противовеса. Третья шейка, около которой противовесов нет, по отношению к остальным шейкам изнашивается равномернее.

У дизелей СМД-62 шейки максимально изнашиваются со стороны, противоположной стороне с противовесами. Отмеченная связь указывает на зависимость износа от массы противовесов, изменив которую при динамической балансировке, можно добиться более равномерного износа шеек и тем самым увеличить долговечность коленчатого вала и двигателя в целом.

Соотношение износа коренных и шатунных шеек коленчатого вала и двигателя зависит от нагрузки. У рядных двигателей с коленчатыми валами без центробежных ловушек, как правило, нагрузки на шатунные шейки больше, чем на коренные, и поэтому износ последних меньше на 40...50 %.

У V-образных двигателей большие нагрузки приходятся на коренные шейки, в результате чего их износ в 1,5...2 раза больше, чем шатунных. Меньший износ шатунных шеек в этом случае объясняется лучшей очисткой масла, которое, поступая из полостей ловушек к шатунным подшипникам вала, предохраняет их поверхности от износа.

Технологический процесс восстановления коленчатого вала зависит от конструктивных особенностей, имеющихся сочетаний дефектов и необходимой точности обрабатываемых поверхностей. Это в свою очередь определяет выбор оборудования, методов базирования крепления и обработки, а также последовательность и сочетание технологических операций.

Дефектация коленчатого вала. У коленчатого вала предварительно следует визуально проверить состояние поверхности шеек. Глубокие риски (рис. 2) обычно свидетельствуют о необходимости его ремонта, даже если измерение не показывает заметного износа. В то же время гладкая поверхность шеек совершенно не означает, что вал не изношен - известны случаи, когда при практически идеальном внешнем состоянии шейки имели недопустимый износ, а вал в целом - большую деформацию.



Рис. 2. Задир на шатунной шейке коленчатого вала

При измерении шеек коленчатого вала (рис. 3) следует установить микрометр на шейку и вращать измерительную головку прибора до появления характерных щелчков "трещотки", ограничивающей усилие сжатия шейки губками прибора. Одновременно необходимо слегка покачивать прибор в двух плоскостях в окружном и осевом направлении, чтобы исключить погрешность от неточной установки прибора.

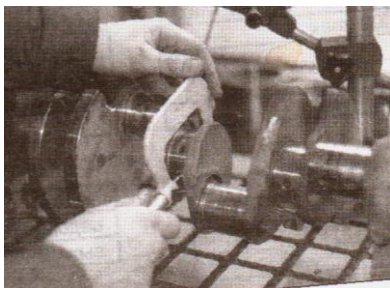


Рис. 3. Измерение коренной шейки вала микрометром

Более точные измерения могут быть выполнены рычажной скобой, имеющей в 5-10 раз меньшую цену деления и исключающей влияние усилия сжатия детали на результат измерения.

Размеры шатунных шеек всегда определяются в двух направлениях

- примерно по радиусу кривошипа и перпендикулярно ему (рис. 4), что необходимо для определения овальности. Минимальный размер шейки с большой овальностью обычно оказывается вблизи направления радиуса кривошипа со смещением на 20-40° против вращения вала.

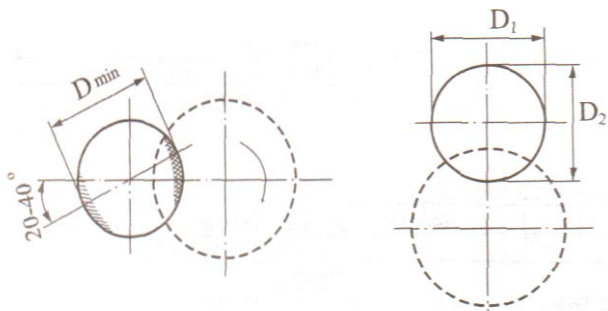


Рис 4. Схемы измерения шатунной шейки: D_1 — максимальный размер, близкий к номинальному; D_2 — нередко меньше D_1 , за счет износа шейки; // — поверхность, обычно имеющая максимальный износ; хххххх — поверхность, обычно имеющая повышенный износ

Допустимая овальность шеек не превышает обычно 0,010-0,015 мм, при этом минимальный размер не должен выходить более чем на 0,010 мм за нижний (минимальный) размер. Чтобы точно определить начальный (стандартный) размер шеек, следует пользоваться справочной литературой.

Деформация вала контролируется на призмах стойкой с индикатором, имеющим удлиненную ножку (рис. 5).

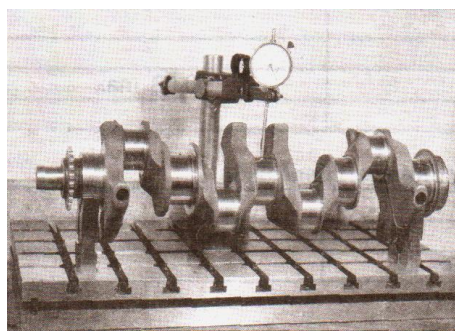


Рис. 5. Контроль деформации коленчатого вала измерением биения шеек на призмах

При измерении вал следует установить на крайние коренные шейки. Далее, уперев ножку индикатора поочередно в середину одной из средних шеек, вал поворачивается на один оборот. Максимальное отклонение стрелки (между крайними значениями) показывает биение шейки. Если на шейке наблюдается неравномерный по ширине износ, то обычно он меньше в середине, где и следует проводить измерение. Ближе к краям коренной шейки на результат измерения может повлиять овальность шейки из-за неравномерного износа.

Допустимое биение средних коренных шеек вала относительно крайних не превышает обычно 0,05-0,06 мм. Учитывая, что новые валы имеют биение менее 0,010-0,015 мм, рекомендуется при биении свыше 0,04-0,05 мм править вал.

Помимо биений средних шеек необходимо проверить биение хвостовика и поверхностей под сальники (рис. 6). Это особенно важно для уже ранее отремонтированного вала. Вследствие неквалифицированного ремонта вспомогательные поверхности могут иметь большое биение относительно коренных шеек, что может повлиять не только на ремонтный размер вала, но и на технологию его последующего ремонта в целом. Взаимное биение крайних коренных шеек и вспомогательных поверхностей (хвостовик, поверхности под сальники и др.) не должно превышать 0,02-0,03 мм, иначе невозможно обеспечить ресурс уплотнений вала и элементов привода распределительного вала (ремень, цепь, натяжитель и т.д.).

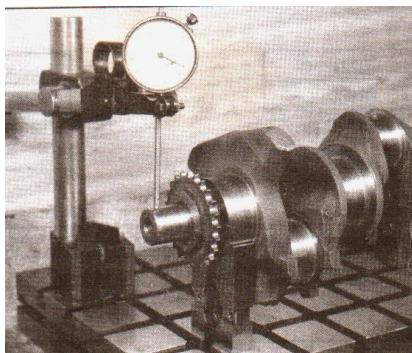


Рис. 6. Контроль биения хвостовика на призмах

Взаимные биения шеек и поверхностей коленчатого вала можно также проверить в неподвижных центрах в токарном станке, однако такой способ проверки более целесообразен при подготовке вала к

ремонту.

В зависимости от деформации (биения) вала способы ремонта будут следующими:

1) биение до 0,08...0,10 мм - традиционный ремонт - шлифование всех шеек в ремонтный размер 0,25 или 0,50 мм, возможно исправление передней центральной фаски;

2) биение 0,10...0,20 мм - шлифование в ремонтный размер 0,25 или 0,50 мм, возможна наращивание (наплавка, металлизация) хвостовика и шлифовка от новой базы, не исключена необходимость шлифования торцевых поверхностей вала, балансировка;

3) биение 0,20...0,40 мм и более - аналогично, но ремонтный размер шеек вала - 0,50 мм или больше, возможна наращивание коренных шеек с биением более 0,40 мм, обязательны наварка хвостовика, шлифование торцевых поверхностей, балансировка.

У коленчатого вала необходимо также проверить состояние торцевых поверхностей упорного подшипника. Нередко на заднем, наиболее нагруженном, торце наблюдается ощутимый износ, который может потребовать шлифовки торцов и применения ремонтных упорных полуколец увеличенной толщины.

Чтобы исключить ошибки при измерении, перед каждой серией замеров (например, перед дефектацией каждого двигателя) микрометр следует проверить и при необходимости настроить.

В практике ремонта встречаются ситуации очень большого износа задней поверхности упорного подшипника коленчатого вала (более 0,8...1,0 мм). Обычно это является следствием недостаточной смазки при сильной нагрузке на упорный подшипник со стороны сцепления. Одним из немногих возможных способов ремонта вала с таким повреждением является растачивание торца на токарном станке, как это показано на рис. 7. После токарной обработки упорная поверхность полируется. Далее в расточку вставляются дополнительные полукольца, после чего вал с полукольцами устанавливается в блок (рис. 8). В данном варианте ремонта дополнительные "плавающие" полукольца позволяют использовать обычные вкладыши с фланцами или двойные стандартной толщины полукольца на расточенном упорном торце коленчатого вала, не прибегая к специальным нестандартным полукольцам увеличенной толщины.

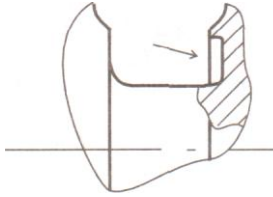


Рис. 7. Растачивание поврежденной упорной поверхности коленчатого вала

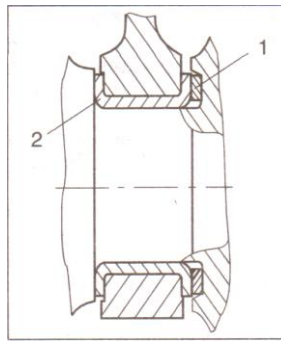


Рис. 8. Конструкция ремонт упорного подшипника коленчатого вала: 1 — дополнительные полукольца, установленные в расточку на поврежденном торце коленчатого вала; 2 — штатный вкладыш с упорными полукольцами

Коленчатые валы с сильно изношенными и перегретыми шейками, как правило, имеют деформацию по этим шейкам, что накладывает определенные ограничения на технологию их ремонта. Практика показывает, что после шлифования поврежденных шеек коленчатый вал может с течением времени деформироваться, вследствие чего взаимное биение коренных шеек увеличится в несколько раз. Нагрев вала при работе двигателя в таких случаях может вызвать дополнительную деформацию.

Указанный эффект возникает из-за напряжений в поверхностном слое шейки из-за неравномерного нагрева и охлаждения и ударных нагрузок при разрушении подшипника. При шлифовании происходит измерение величины и перераспределение напряжений в материале шейки, что и приводит к постепенной деформации вала, значительно снижающей качество ремонта.

Чтобы исключить или максимально ограничить деформацию вала после ремонта, рекомендуются следующие операции:

1. Предварительная термообработка перед шлифованием - выдержка при 180-200°C в течение 3-4 часов с медленным охлаждением.

2. Шлифование коренных шеек только после шлифования шатунных.

3. Термообработка после шлифования шатунных шеек перед шлифованием коренных.

Очевидно, выполнение подобных операций сопряжено с большими затратами времени и необходимостью применения специального термического оборудования. Поскольку это не всегда реально сделать, можно упростить технологию ремонта, применив специальный поря-док шлифования вала:

1. Предварительное шлифование коренных шеек ("как чисто", но с припуском не менее 0,1 мм для окончательной обработки).

2. Шлифование шатунных шеек.

3. Выдержка в течение нескольких часов, контроль деформации вала (на призмах по индикатору).

4. Окончательное шлифование коренных шеек.

Многие коленчатые валы поступают в ремонт при незначительных износах шеек. Обычно шейки шлифуют под один ремонтный размер, но в случае необходимости шатунные и коренные шейки могут быть отшлифованы под разные ремонтные размеры. При обработке шеек одновременно шлифуют и галтели, а также поверхности, удерживающие коленчатый вал от осевых перемещений. Шлифуют валы на круглошлифовальных станках типа 3А423.

Коленчатые валы дизелей ЯМЗ и СМД рекомендуют обрабатывать на круглошлифовальных полуавтоматах типа ХШ2-12 (для коренных шеек) и ХШ2-01 (шатунных шеек).

Выходы фасок масляных каналов шатунных и коренных шеек скругляют пневматической шлифовальной машиной типа ИП-100, а затем полируют при помощи специальной конической оправки.

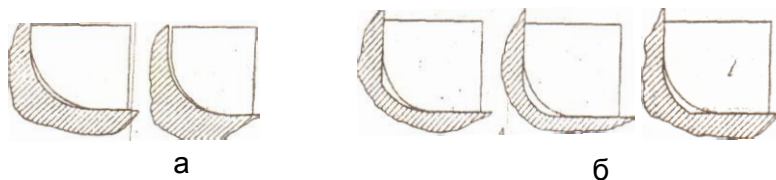
Для получения шероховатости шейки в пределах Ra 0,16...0,32 мкм операцию выполняют на установке ОР-26320, где каждую шейку отдельно полируют абразивной или алмазной лентой вместе с галтелями.

Большое значение также имеет качество рабочих поверхностей. При шлифовании шеек вала на поверхностях, контактирующих со шлифовальным кругом, получаются прижоги, возникают пятна пони-

женной твердости, трещины. В пределах гребней шероховатости поверхностей появляется аморфная структура, и снижается микротвердость рабочих поверхностей, снижается их несущая способность. Для устранения данного недостатка в технологический процесс введены операции суперфинишной обработки шатунных и коренных шеек коленчатого вала. Суперфинишную обработку коренных и шатунных шеек (с галтелями) проводят на полуавтомате 3875 для суперфиниширования либо на станке СШ 301.

Взаимное расположение шеек, а также радиус кривошипа определяют контрольными приспособлениями 70-8735-1021 и 70-8735-1028, шероховатость поверхностей шеек — профилометром модели 286.

Радиус галтелей для коленчатых валов определяются техническими условиями и, как правило, для дизелей находятся в пределах 4...6 мм, а карбюраторных — 3...5 мм. (Рис. 9)



*Рис. 9. Схема проверки радиуса галтелей шеек коленчатых валов:
а — галтель выполнена правильно; б - неправильно*

Кроме того, при отсутствии технической документации, непараллельность осей шатунных шеек относительно оси вала на длине 100 мм не должна превышать 0,02 мм. Любые отклонения от цилиндрической формы шейки допускаются не более 0,015 мм.

Посадочные, а также отверстия под штифты и шпоночные пазы чаще всего восстанавливают дуговой наплавкой проволокой 1,2 Св18ХГС в среде диоксида углерода с последующей механической обработкой.

Изношенные валы в большинстве случаев имеют прогиб, значение которого контролируют с помощью установки для комплексного контроля 70-8731-10573 из комплекта оснастки ОР-5533 ГОСНИТИ. При превышении значение прогиба более 0,2 мм (для тракторных валов) его устраняют правкой. При меньшем прогибе валы не правят, а шлифуют на ремонтные размеры.

Наиболее простой, точный и доступный для всех ремонтных про-

изводства способ правки коленчатых валов — чеканкой галтелей, гарантирующий повышение их усталостной прочности на 10...20%, — используют редко. Этот способ хотя и трудоемкий (время правки средне напряженных изделий составляет обычно 5...10 мин), но позволяет достоверно оценить степень напряженности изогнутых валов. Он достаточно эффективен при правке стальных валов с незначительными прогибами. Следует иметь в виду, что правку чеканкой должен выполнять рабочий высокой квалификации.

Основной дефект коленчатых валов — износ коренных и шатунных шеек, который устраняют шлифованием их под ремонтный размер. Все одноименные шейки (коренные или шатунные) шлифуют под один размер, который определяют следующим образом. Измеряют диаметры всех одноименных шеек и находят минимальный из них d_{min} . Затем рассчитывают теоретический ремонтный размер, мм,

$$d_P^T = d_{min} - a_{Ш},$$

где $a_{Ш}$ — припуск на шлифование, $a_{Ш} = 0,08...0,1$ мм.

Затем по таблице выбирают ремонтный размер так, чтобы:

$$d_P \leq d_P^T$$

Для шлифования коренных шеек на планшайбе передней бабки устанавливают поводок, а заднюю бабку крепят на столе станка в положение, соответствующее длине коленчатого вала. Шлифование начинают с наиболее изношенной шейки. Если износ примерно одинаков, обработку ведут в следующем порядке: 3, 2, 1, 4 и 5. Чтобы избежать овальности шеек, пользуются люнетом, устанавливая его против каждой шлифуемой шейки.

Шейки коленчатых валов шлифуют кругами на керамической связке с зернистостью 40...60 и твердостью СМ1-СМ2. В качестве охлаждающей жидкости применяют 3...4%-й водный раствор эмульсионного масла.

Шатунные шейки, так же как и коренные, можно шлифовать как при помощи продольной, так и поперечной (радиальной) подачи. Применение радиальной подачи часто ограничивается достаточной жесткостью шлифуемого вала. Способ поперечной подачи более производителен, однако требует, чтобы ширина круга точно соответствовала длине шлифуемой шейки. При этом способе погрешности формы имеют большие значения, что требует более частой правки круга.

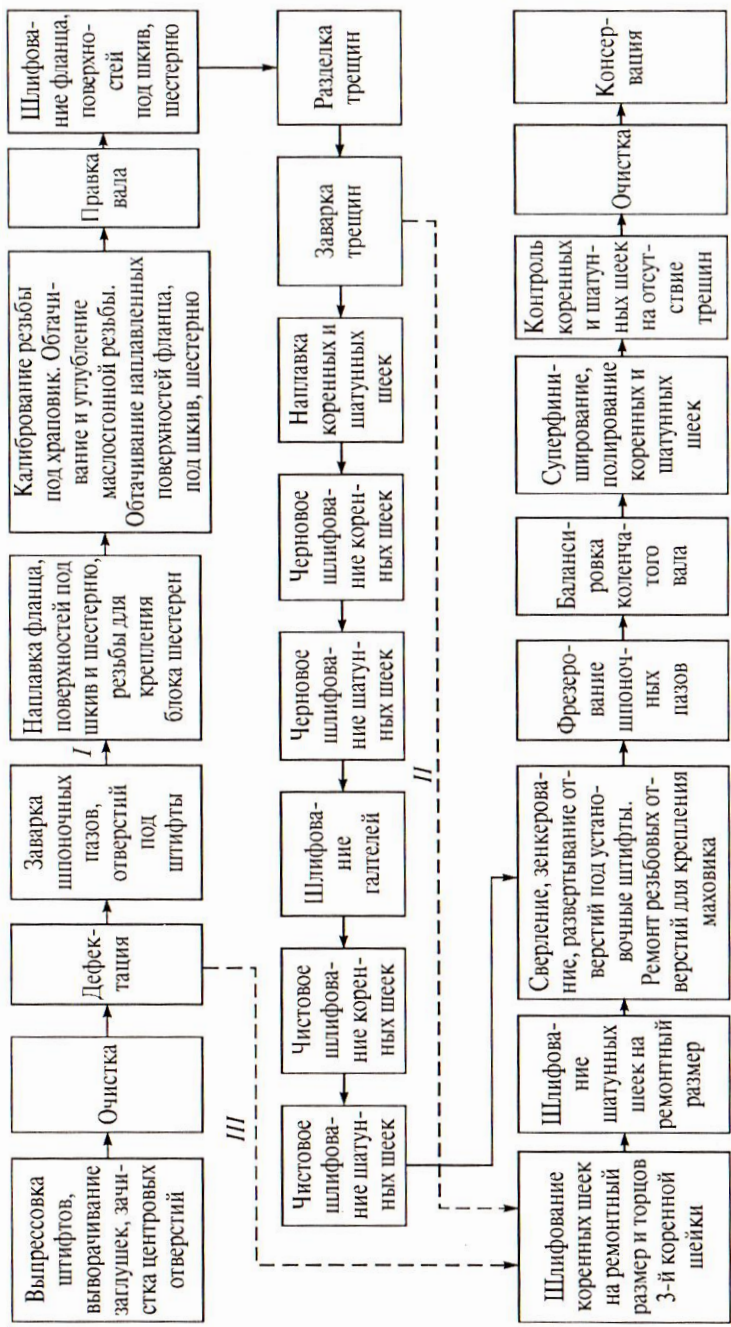


Рис. 10. Схема маршрутов (I...III) технологического процесса восстановления коленчатого вала

Поперечная подача при черновом шлифовании составляет 0,02...0,03 мм, а при чистовом — 0,003...0,006 мм. Правку круга проводят после шлифования 1...2 валов.

После окончания шлифования коренных шеек вала станок перенастраивают для шлифования шатунных шеек. Для этого на планшайбы станка устанавливают в верхнем положении кулачковые патроны или призматические зажимы с ползунами и противовесами. При этом стрелки указателей размера радиуса кривошипа должны совпадать с высотой на масштабной линейке. Это положение патронов или призматических зажимов фиксируют стопорами. После этого коленчатый вал укладывают в кулачковые патроны или призматические зажимы станка. Слегка закрепив вал, устанавливают его шатунные шейки в вертикальной плоскости при помощи шаблона, ставя его сначала под первую, а затем под четвертую шейку. Прижимают шаблон упором в переднюю кромку стола станка и опускают его рычаг. Призма шаблона поднимется вверх, прижмется к первой шейке вала обеими губками. Если шейка расположена не вертикально и только одна губка шаблона касается ее, то легкими толчками руки вал поворачивают так, чтобы зазора между губками и шейкой не было.

Чтобы выявить скручивание, шаблон переводят к четвертой шатунной шейке и проверку повторяют. После этого вал устанавливают в горизонтальной плоскости и проверяют высоту расположения первой и пятой коренных шеек от плоскости стола станка; определяют радиус кривошипа.

Для быстрой установки коленчатого вала в горизонтальной плоскости следует применять жесткие универсальные с передвижной призмой шаблоны. У жесткого шаблона высота H равна высоте центров станка. Призму универсального шаблона надо предварительно установить на соответствующей высоте H стойки для определенного коленчатого вала. У правильно установленного вала губки призмы должны касаться шейки вала. При необходимости проводят регулировку положения вала. (Рис. 10)

Закончив установку, надо осторожно и окончательно зажать вал в кулачковых патронах или в зажимных призмах станка. Далее следует тщательно отбалансировать систему вал – планшайбы постановкой дополнительных грузов (противовесов) или путем радиального перемещения. Для свободного вращения балансируемой системы фиксаторы передней и задней планшайб отводят крайнее положение.

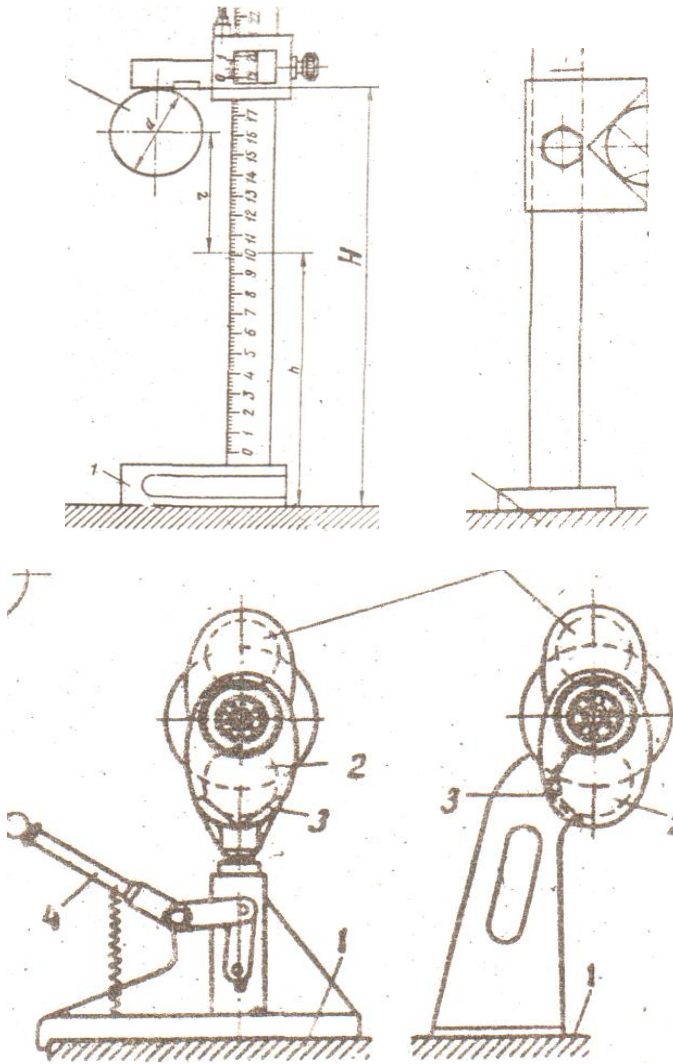


Рис.11. Приспособление для установки коленчатого вала при шлифовании шатунных шеек; а - штангенрейсмус; б - шаблон с передвижной призмой; в - шаблон для установочного вала в вертикальной плоскости; г - жесткий шаблон для установки вала в горизонтальной плоскости; 1 - верхний стол станка; 2 - шейка вала; 3 - призма; 4 - ручка

Балансировку считают законченной, если система вал – планшайбы останавливается в любом положении окружности вращения.

После балансировки устанавливают люнет и шлифовальный круг против обрабатываемой шейки, подсчитывают число делений нониуса на лимбе поперечной подачи шлифовального круга, т.е. значение, на которое необходимо подать круг, чтобы произошел сьем металла до получения необходимого размера. Число делений нониуса лимба вычисляют по формуле

$$П = (d_{НАИБ} - d_{С.Р.Р.})/2k,$$

где $d_{НАИБ}$ — наибольший размер изношенной шейки, мм; $d_{С.Р.Р.}$ — стандартный ремонтный размер, мм; k — цена деления нониуса лимба поперечной подачи ($k = 0,005$ мм).

После этого шлифовальный круг надо подать на несколько делений лимба и провести шлифование. Затем вновь подают шлифовальный круг на несколько делений и проводят шлифование.

Так повторяют до тех пор, пока диск лимба не будет повернут на расчетное число делений (по отношению к риску, отмеченной при касании круга). В процессе шлифования следует периодически измерять обрабатываемую шейку. Для этого круг отводят в крайнее положение и выключают двигатели.

Чтобы предотвратить овальность шеек вала при шлифовании последний слой металла снимают не за счет поперечной подачи круга, а за счет нажима на рычаги упоров люнета.

Закончив шлифование шеек, находящихся на одной оси вращения, вал с планшайбами поворачивают, чтобы кулачковые патроны или призматические зажимы находились в верхнем положении. Далее стопорят планшайбы, ослабляют крепление вала, проворачивают его на соответствующий угол расположения шатунных шеек и опять надежно закрепляют его на станке. Отводят фиксаторы, устанавливают люнет, включают привод передней бабки шлифовального круга, включают подачу охлаждающей жидкости и приступают к обработке очередных шеек вала.

Операционные эскизы шлифования коренных и шатунных шеек представлены в Приложении 1.

При шлифовании шеек коленчатых валов могут возникать дефекты, связанные с нарушением технологии (Таблица 1)

Таблица 1. Дефекты шлифования и их причины

| № п/п | Наименование дефекта | Причина возникновения |
|-------|---------------------------------------|--|
| 1. | конусность отшлифованной шейки вала | неправильно установлена верхняя часть стола станка или неправильная правка круга |
| 2. | овальность шейки | проверить затяжку болтов ползунов, установку патронов и грузов, точность балансировки |
| 3. | грани на обрабатываемых шейках | неотбалансирован шлифовальный круг или слабо закреплены передняя и задняя бабки |
| 4. | грани поверхности на заплечиках шейки | плохо заправлены торцы шлифовального круга или шпиндель шлифовальной бабки имеет большой осевой люфт |

После ремонта коленчатого вала проверяют радиус кривошипа, установив вал на плиту с призмами или в центр. При этом радиус кривошипа

$$r = (a_1 - a_2)/2,$$

где a_1 и a_2 — расстояние от основания штангенрейсмуса до шатунной шейки, находящейся соответственно в верхнем и нижнем положениях, мм.

Результаты измерения отремонтированного коленчатого вала заносят в протокол.

Порядок выполнения работы.

1. Устанавливают коленчатый вал на призмы и проводят внешний осмотр.
2. Измеряют радиус кривошипа при помощи штангенрейсмуса.
3. Измеряют изгиб вала.
4. Измеряют коренные и шатунные шейки коленчатого вала.
5. Устанавливают на станке и шлифуют коренные шейки.
6. Проводят контрольный осмотр и замеряют коренные шейки.
7. Проводят переналадку станка для шлифования шатунных шеек.
8. Шлифуют шатунные шейки вала.
9. Проводят контрольный осмотр и замеряют шатунные шейки.
10. Полируют коренные и шатунные шейки коленчатого вала.
11. Проводят контрольный осмотр и снимают коленчатый вал.

Отчет о работе.

Должен содержать:

1. Название, цель лабораторной работы.
2. Перечень и результаты выполненных измерений шатунных и коренных шеек (результаты дефектации заносят в таблицу 2).

Таблица 2. Результаты дефектации коленчатого вала

| № шейки | Диаметр шейки, мм | Овальность шейки, мм | Размер, мм | |
|---------|-------------------|----------------------|------------|--------------------|
| | | | наименьший | Принятый ремонтный |
| 1 | | | | |
| 2 | | | | |
| 3 | | | | |

3. Маршрутную карту ремонта коленчатого вала оформляют в виде таблицы 3.

Таблица 3. Последовательность операций по ремонту коленчатого вала

| № п/п | Наименование операции | Оборудование и приспособления | Режим работы | Инструмент | Материал |
|-------|-----------------------|-------------------------------|--------------|------------|----------|
| | | | | | |
| | | | | | |

4. Режимы шлифования коренных и шатунных шеек.
5. Перечень и результаты выполненных измерений отремонтированного коленчатого вала (результаты измерений заносят в таблицу 4).

Таблица 4. Результаты отремонтированного коленчатого вала

| № шейки | Диаметр шейки, мм | Овальность шейки, мм | Конусность, мм | Шероховатость поверхности |
|---------|-------------------|----------------------|----------------|---------------------------|
| 1 | | | | |
| 2 | | | | |
| 3 | | | | |

6. Результаты измерений радиуса кривошипа отремонтированно-го вала.

7. Схему станка, приспособления или отдельного агрегата станка, применяемого при ремонте коленчатого вала.

Контрольные вопросы

1. Назовите методы и последовательность ремонта коленчатых валов.
2. Какие операции выполняют на станке модели 3А423?
3. Как правят шлифовальный круг (оборудование, инструмент)?
4. Как проверяют радиус кривошипа?
5. Как проверяют изгиб коленчатого вала?
6. Какие окончательные операции проводят на шейках коленчатого вала после шлифования?
7. Как проверяют радиус галтелей у шеек и от чего зависит их значение?
8. Как проверяют чистоту обработки шеек коленчатого вала?
9. Как настраивают станок для шлифования шатунных шеек?

Таблица П1. Рекомендованные абразивные круги для шлифования коренных и шатунных шеек коленчатого вала КАМАЗ

| Обрабатываемые шейки | Операция | Марка шлифовального круга | Размер круга |
|----------------------|-----------------|---------------------------|---------------|
| коренные | предварительная | Э5 40 Ст27К5 | ПП 900х350х63 |
| | окончательная | Э9А 25 Ст15К5 | ПП 900х350х63 |
| шатунные | предварительная | Э5 40 Ст25К5 | ПП 900х305х36 |
| | окончательная | Э9А 25 Ст15К5 | ПП 900х305х36 |

Составитель: Хрянин Виктор Николаевич

Технологические процессы реновации деталей машин

**ВОССТАНОВЛЕНИЕ КОЛЕНЧАТЫХ ВАЛОВ
АВТОТРАКТОРНЫХ ДВС**

**Методические указания
к лабораторно-практическим работам**

Редактор
Компьютерная верстка В.Я. Вульферт

Подписано к печати 2020 г. Формат 60 × 84^{1/16}
Объем уч.-изд. л. Изд. №..... Заказ №
Тираж экз.

Отпечатано в мини-типографии Инженерного института НГАУ
630039, Новосибирск, ул. Никитина, 147