

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«Владимирский государственный университет  
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»  
(ВлГУ)**

Институт машиностроения и автомобильного транспорта

Кафедра УКТР

**КУРСОВАЯ РАБОТА**

**Дисциплина: Метрология и сертификация**

**Тема: «Выбор метода и средства измерений параметров автомобиля  
(диаметр шатунной шейки коленчатого вала)»**

Выполнил: ст. гр. ЗУКуд-115

Замыслаев А.Н.

Руководитель:

доц. Ромодановская М.П.

г. Владимир 2017 г.

## Содержание

	Стр.
Введение.....	3
1. Описание объекта измерений.....	4
1.1. Основные элементы коленчатого вала.....	4
1.2. Конструктивные параметры основных элементов коленчатого вала	8
1.3. Материалы и технология изготовления коленчатых ва- лов.....	14
2. Выбор метода и средства измерений.....	18
Заключение.....	23
Библиографический список.....	24
Приложения.....	25

					ВЛГУ.27.03.02.01ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	<i>Выбор метода и средства измерений</i>	Лит	Лист	Листов
Разраб.		<i>Замыслаев А.Н.</i>					2	27
Пров.		<i>Ромодановская М.П.</i>			Материал представлен <a href="http://kursovik1.ru/unique-raboty-v-pdf">http://kursovik1.ru/unique-raboty-v-pdf</a>			
Н.контр.					<i>(диаметр шатунной шейки коленчатого вала)</i>		ЗУКуд-115	
УТВ.								

## Введение

Задача повышения качества изделий автомобилестроения имеет большое значение не только с точки зрения достижения оптимальных значений их функциональных характеристик, но и обеспечения надежности и безопасности эксплуатации. Важным условием в решении данной задачи является обеспечение точности изготовления и контроля деталей, на всех этапах производства.

Целью данной курсовой работы является выбор метода и средства измерений линейных размеров одного из параметров автомобиля – диаметра шатунной шейки коленчатого вала.

Выбор средства измерения должен производиться с учетом требуемой точности измерения, а также метрологических (цена деления, погрешность, пределы измерений, измерительное усилие), эксплуатационных и экономических показателей средства измерения.

Инв. N°	Подпись и дата	Взам. инв.	Инв. N°	Подпись и дата
Из	Лист	N° докум.	Подп.	Дата
Материал представлен <a href="http://kursovik1.ru/unikalnye-raboty-v-pdf">http://kursovik1.ru/unikalnye-raboty-v-pdf</a>				Лист
				3

# 1 Описание объекта измерения

## 1.1 Основные элементы коленчатого вала

Коленчатый вал (коленвал) двигателя – это одна из важных деталей кривошипно-шатунного механизма, расположенная в цилиндрическом блоке. Вал преобразует поступательные движения поршней во вращательный момент, который через трансмиссию передается на колеса автомобиля.

Сложная конструкция коленвала представлена в виде расположенных по одной оси колен – шатунных шеек, соединенных специальными щеками (рисунок 1). При этом количество колен зависит от числа, формы и месторасположения цилиндров, а также тактности двигателя автомобиля. С помощью шатунных шеек соединяются с поршнями, совершающими поступательно-возвратные движения.



Рисунок 1 – Коленчатый вал

Основными элементами коленвала являются (рисунок 2):

- Коренная шейка – основная часть вала, которая размещается на коренных вкладышах (подшипниках), находящихся в картере.
- Шатунная шейка – деталь, соединяющая коленвал с шатунами. При этом смазка шатунных механизмов осуществляется благодаря наличию специальных масляных каналов. Шатунные шейки в отличие от коренных шеек всегда смещены в стороны.

Инд. N°	Подпись и дата	Взам. инв.	Инд. N°	Подпись и дата
Изд	Лист	N° докум.	Подп.	Дата

- Щеки – детали, соединяющие два типа шеек – коренные и шатунные.
- Противовесы – детали, которые предназначены для уравнивания веса поршней и шатунов.
- Фронтальная (передняя) часть или носок – часть механизма, оснащенная колесом с зубцами (шкивом) и шестерней, в некоторых случаях гасителем крутильных колебаний, который осуществляет контроль над мощностью привода ГРМ (газораспределительного механизма), а также других механизмов устройства.
- Тыльная (задняя) часть или хвостовик – часть механизма, соединенная с маховиком при помощи маслоотражающего гребня и маслосгонной резьбы, осуществляет отбор мощности вала.



Рисунок 2 – Конструкция полноопорного коленчатого вала

Инов. N°	Подпись и дата	Взам. инв.	Инов. N°	Подпись и дата

Из	Лист	N° докум.	Подп.	Дата

Фронтальная и тыльная сторона коленчатого вала уплотняется защитными сальниками, которые препятствуют протеканию масла там, где выступающие части маховика выходят за пределы блока цилиндров.

Вращательные движения всего механизма коленвала обеспечивают подшипники скольжения – тонкие стальные вкладыши, с защитным слоем антифрикционного вещества. Для предотвращения осевого смещения вала, применяется упорный подшипник, установленный на коренной шейке (крайней или средней).

В зависимости от расположения коренных шеек коленвал может быть:

- полноопорным – когда коренные шейки расположены по две стороны от шатунной шейки;
- неполноопорным – когда коренные шейки расположены только по одну из сторон от шатунной шейки.

Коленчатые валы современных двигателей в основном изготавливают полноопорными, когда число коренных шеек на единицу больше числа кривошипов. Этим обеспечивается большая жесткость вала.

Приоритет требований при выборе пространственной схемы расположения кривошипов коленчатого вала, от которого в решающей степени зависят уравновешенность двигателя, равномерность его хода, параметры крутильных колебаний, следующий: равномерное чередование рабочих ходов и рациональный порядок работы двигателя; внешняя уравновешенность двигателя по силам инерции и моментам от них; внутренняя уравновешенность двигателя.

#### *Принцип действия коленчатого вала*

Несмотря на сложность самого устройства, принцип работы коленвала достаточно прост.

В камерах сгорания происходит процесс сжигания поступившего туда топлива и выделения газов. Расширяясь, газы воздействуют на поршни, совершающие поступательные движения. Поршни передают механическую энергию шатунам, соединенным с ними втулкой или поршневым пальцем.

Инд. №	Подпись и дата	Взам. инв.	Инд. №	Подпись и дата
Изд	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

Шатун в свою очередь соединен с шейкой коленвала подшипником, вследствие чего каждое поступательное поршневое движение преобразуется во вращательное движение вала. После того как происходит разворот на  $180^\circ$ , шатунная шейка движется уже в обратном направлении, обеспечивая возвратное движение поршня. Затем циклы повторяются.

В ряде V-образных двигателей для обеспечения равномерного чередования рабочих ходов шатунные шейки одноименных цилиндров левого и правого рядов делают со сдвигом друг относительно друга на угол  $\delta$ .

Коренные шейки нагружаются в основном крутящим моментом. На шатунные шейки действуют одновременно переменные крутящие и изгибающие моменты, экстремальные значения которых не совпадают по времени.

Для уменьшения массы вала и подачи масла к подшипникам внутри шеек и щек вала выполняют систему каналов, полостей и отверстий. Наиболее удаленные от оси вала полости могут быть использованы в качестве уловителей механических частиц. В основном в современных двигателях используются подшипники скольжения, а в тяжелых двигателях могут применяться и подшипники качения.

Подвод масла к коренным подшипникам осуществляется от главной масляной магистрали в их малонагруженную зону, а к шатунным подшипникам — по просверленным отверстиям в щеках и по радиальным отверстиям в шатунной шейке.

Щеки подвергаются изгибу в двух плоскостях, растяжению и сжатию, а также кручению. Они являются наиболее сложно нагруженными элементами коленчатого вала, а наибольшие концентрации напряжений отмечаются в галтелях.

В процессе работы коленчатый вал подвергается воздействию значительных осевых усилий, возникающих из-за изменения ориентации транспортного средства и двигателя относительно горизонта в результате ускорения и замедления транспортного средства, работы на валу косозубых шестерен и при вы-

Инов. N°	Подпись и дата	Взам. инв.	Инов. N°	Подпись и дата

ключении сцепления. Осевая фиксация вала по одной шейке относительно картера обеспечивается упорными кольцами, буртами вкладышей или упорным подшипником при осевых зазорах 0,05...0,15 мм. Упорные кольца изготавливают из бронзы, стали или металлокерамики и фиксируют от проворачивания штифтами. Для снижения потерь на трение стальные кольца и упорные бурты вкладышей заливают антифрикционным сплавом.

Коленчатые валы могут быть монолитными или составными.

Коленвал двигателя изготавливается из износостойкой стали (легированной или углеродистой) или модифицированного чугуна, методом штамповки или литья (рисунок 3).

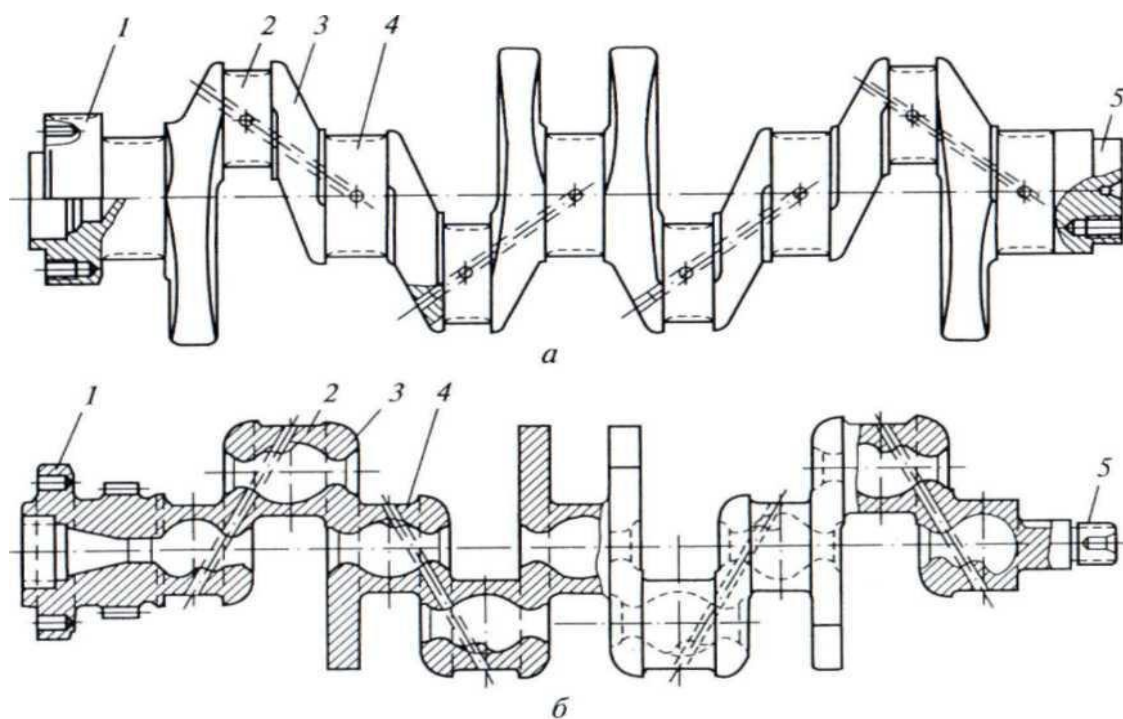


Рисунок 3 - Коленчатый вал: *а* – стальной; *б* – чугунный; 1 – хвостик; 2 – шатунная шейка; 3 – щека; 4 – коренная шейка; 5 – носок.

## 1.2 Конструктивные параметры основных элементов коленчатого вала

### 1.2.1 Требования к конструкции основных элементов коленчатого вала

В подавляющем большинстве случаев коленчатые валы изготавливают цельными.

Инв. N°	Подпись и дата
Взам. инв.	Инв. N°
Подпись и дата	Подпись и дата
Инв. N°	Подпись и дата

Из	Лист	N° докум.	Подп.	Дата
----	------	-----------	-------	------



Исходя из условия равномерности чередования вспышек угол между кривошипами вала четырехтактного однорядного двигателя должен быть равен  $720^\circ/i$  (где  $i$  — число цилиндров). Угол между кривошипами двухтактного двигателя согласно тому же условию должен быть  $360^\circ/i$ . При определении порядка работы двигателя из всех возможных вариантов выбирают порядок, при котором вспышки совершаются поочередно в цилиндрах наиболее удаленных друг от друга. Такой порядок работы несколько улучшает условия, в которых находятся коренные подшипники, и препятствует проникновению отработавших газов из одного цилиндра в другой.

Ниже рассматриваются конструктивные элементы коленчатого вала.

*Передний конец коленчатого вала* имеет ступенчатую форму, что необходимо для установки на нем шкива привода вентилятора, маслоотражающего устройства, распределительной шестерни и в некоторых случаях гасителя крутильных колебаний, который обычно объединяют в один узел со шкивом вентилятора. Все устройства и детали, расположенные на переднем конце коленчатого вала, стягивают болтом, ввернутым в его торец, или гайкой, накрученной на конец коленчатого вала. При установке коленчатого вала в подшипниках качения на его переднем конце должно быть предусмотрено место для устройства, при помощи которого масло подается в коленчатый вал.

*Коренные шейки* коленчатого вала выполняют одинакового диаметра. Для фиксирования коленчатого вала от осевых перемещений служит одна из крайних или средняя шейка. Упорные подшипники у большинства двигателей (у дизелей в особенности) располагают со стороны маховика. В некоторых двигателях упорные подшипники устанавливают со стороны механизма газораспределения или у среднего коренного подшипника. При цепном приводе желательно упорный подшипник располагать со стороны переднего конца вала, так как при перекосах условия работы цепи ухудшаются. Для смазки коренных шеек масло подается из общей масляной магистрали, расположенной в блок-картере, по ка-

Инов. N°	Подпись и дата	Взам. инв.	Инов. N°	Подпись и дата
Из	Лист	N° докум.	Подп.	Дата

налам в стенках верхней части картера со стороны малонагруженной половины вкладыша.

*Щеки коленчатого* вала могут быть различной формы: призматические овальные и круглые. У коленчатых валов автомобильных двигателей большей части щеки делают прямоугольной и овальной формы. Если между опорами расположены два колена, то длина щек увеличивается, а форма их усложняется, что усложняет конструкцию вала в целом и увеличивают его массу. Для лучшего использования материала неработающие, наиболее удаленные от оси коленчатого вала, части щек срезают. Жесткость щеки зависит от перекрытия коренных и шатунных шеек. Чем больше перекрытие шеек, тем больше жесткость и прочность щеки. При этом можно уменьшить толщину щеки без увеличения ее ширины. Величина перекрытия шеек зависит от отношения хода поршня к диаметру цилиндра и диаметра шеек. Переходы (галтели) от щек к коренным и шатунным шейкам во избежание возникновения больших концентраций напряжения выполняют радиусом около  $(0,035—0,08) d$ . Для уменьшения опорной поверхности шейки галтель в некоторых конструкциях состоит из двух-трех сопряженных дуг различных радиусов  $r_1, r_2, r_3$ . Утолщение щек без увеличения длины двигателя ведет с одной стороны к повышению жесткости кривошипа, и с другой — к уменьшению ширины подшипников. При этом ширина подшипника не должна быть меньше  $0,25 d$ . При наличии на коленчатом валу противовесов форма щек усложняется.

*Противовесы* служат для разгрузки коренных подшипников от центробежных сил и моментов, вызываемых этими силами. Первые возникают от неравновешенных масс колена вала. Для уменьшения массы противовесы следует конструировать так, чтобы их центр тяжести располагался на возможно большем расстоянии от оси коленчатого вала. Масса противовеса составляет 70—80% суммарной массы вращающихся частей. Противовесы обычно отковывают или отливают как одно целое со щеками. Толщина противовеса не должна превышать толщины щеки, чтобы при ремонте шейки коленчатого вала

Инд. №	Подпись и дата	Взам. инв.	Инд. №	Подпись и дата
Изд.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

можно было шлифовать. В некоторых коленчатых валах сложной конструкции для упрощения их штамповки противовесы изготавливают отдельно. В этом случае противовесы к щекам крепятся специальными болтами или шпильками. Для фиксации головки болтов приваривают к противовесам. Число и установочный угол противовесов определяют из динамического расчета. В двигателях с кривошипно-камерной схемой газообмена противовесы, заполняя кривошипную камеру, уменьшают вредное пространство и способствуют созданию требуемого давления продувочного воздуха.

*Шатунные шейки* коленчатых валов обычно имеют меньший диаметр, чем коренные. При увеличении диаметра шатунной шейки увеличивается нижняя головка шатуна, что ведет к возрастанию вращающихся масс. При уменьшении длины шатунной шейки повышается удельная нагрузка, вследствие чего ухудшаются условия работы масляной пленки. Для уменьшения массы шатунные шейки часто высверливают. Масло к шатунным шейкам подводится от коренных шеек по просверленным в валу каналам или запрессованным трубкам (в случае полых шеек).

*Хвостовик* (задний конец) коленчатого вала обычно имеет фланец для установки маховика. При наличии гидравлического сцепления роль маховика играет корпус сцепления. Задний конец коленчатого вала уплотняется с помощью отражательных колец вместе с фетровыми или резиновыми кольцами и винтовой нарезкой на валу, имеющей направление, обратное направлению вращения коленчатого вала. Маховик крепится к фланцу коленчатого вала болтами. Отверстия под болты располагаются несимметрично, чем достигается установка маховика в строго определенном положении. В торце фланца имеется отверстие для установки подшипника первичного вала коробки передач.

Прочность коленчатого вала зависит от размеров и формы отдельных элементов вала, наличия концентраторов напряжения на переходах в галтелях и кромках масляных каналов, характеристик прочности материала, конструктивных и технологических методов упрочнения, использованных при изготовле-

Инов. N°	Подпись и дата	Взам. инв.	Инов. N°	Подпись и дата

нии вала, наличия и ориентации внутренних упорядоченных структур, расположения волокон, зависящих от способа изготовления коленчатого вала.

Конструктивными мероприятиями по упрочнению вала являются:

1) обеспечение перекрытия коренных и шатунных шеек. Применение в коленчатых валах современных двигателей коренных и шатунных шеек больших диаметров приводят к тому, что их сечения перекрывают друг друга в плане. Это повышает изгибную жесткость коленчатого вала.

2) увеличение радиуса галтели или выполнение многорадиусной галтели при неизменной опорной длине подшипника.

3) увеличение толщины и ширины щеки вала;

4) формирование бочкообразной формы полостей в шейках;

5) расположение маслоподводящего канала в шатунной шейке под углом  $90^\circ$ .

### 1.2.2 Требования к точности основных элементов коленчатого вала

Для обеспечения надежной работы детали при ее изготовлении необходимо соблюдать требования к точности ее элементов. Дефекты коленчатого вала определяют его прочность, надежность работы КШМ и всего двигателя.

Несоосность коренных опор блока и биение коренных шеек вала возникают в результате технологических отклонений или неравномерности износа в процессе эксплуатации, а также из-за динамических деформаций опор картера и шеек. Эти дефекты могут проявиться в виде эксцентриситета осей и разности их углов.

На прочность коленчатого вала влияет несоосность коренных опор.

Несоосность коренных опор блока в пределах технических условий может уменьшить запас прочности вала на 10 %, а при эксцентриситете 0,1 ...0,15 мм запас прочности резко уменьшается (на 30...50%).

Инд. №	Подпись и дата	Взам. инв.	Инд. №	Подпись и дата

Инд. №	Подпись и дата	Взам. инв.	Инд. №	Подпись и дата	Материал представлен <a href="http://kursovik1.ru/unikalnye-raboty-v-pdf">http://kursovik1.ru/unikalnye-raboty-v-pdf</a>	Лист
Изд	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		12

Неравномерный износ пары шейка вала — подшипник или неравномерности износа подшипников на 0,05...0,06 мм могут вызвать поломку коленчатого вала.

Разрушение и проворачивание подшипников возникает в результате технологических дефектов, а также при повышенных механических и тепловых нагрузках из-за нарушения условий эксплуатации двигателя.

Усталостные поломки коленчатого вала в местах перехода щек в шейку при повышенной концентрации напряжений возможны из-за технологических дефектов и высоких механических нагрузок.

Технологические мероприятия по упрочнению вала следующие: закалка шеек и галтелей вала ТВЧ при быстровращающемся вале с охлаждением под слоем жидкости с последующим низкотемпературным отпуском; пластическая деформация галтелей обкаткой роликами при использовании среднеуглеродистых сталей и при закалке ТВЧ; азотирование шеек и галтелей вала.

Азотирование повышает усталостную прочность вала в 1,5... 2 раза, а износостойкость шеек увеличивается более чем на 20%. Однако при этом растет трудоемкость изготовления, повышается вероятность коробления валов, а при ремонте ограничиваются возможности их шлифования.

Метрологические параметры коленвала достаточно жесткие и включают параметры шеек, их форму и взаимное расположение относительно друг друга.

В зависимости от назначения двигателя техническими условиями предусматривается точность диаметральных размеров коренных и шатунных шеек коленчатых валов в пределах 5-6 квалитетов с параметрами шероховатости  $Ra$  0,63 -  $Ra$  0,16 и выше. Допустимые отклонения на овальность и конусность, например, для автомобильных двигателей, лежат в пределах 0,010-0,005 мм, а не параллельность осей коренных и шатунных осей коренных и шатунных шеек - не более 0,01 мм на всей длине каждой шатунной шейки. Допуски на радиусы кривошипов составляют 0,05 - 0,15 мм. Чрезмерные отклонения радиусов кривошипов и угловых развала приводят к неравномерности степени сжатия в раз-

Инд. №	Подпись и дата	Взам. инв.	Инд. №	Подпись и дата
Изд.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

личных цилиндрах и к сдвигу фаз распределения, что отрицательно сказывается на работе двигателей.

Перечень и значения контролируемых параметров коленвалов двигателей ВАЗ приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Контролируемые параметры коленчатых валов (пример)

№ п/п	Контролируемые параметры	Размер	Допуск, мм
1.	Диаметр коренных шеек, мм	50,8	±0,01
2.	Диаметр шатунных шеек, мм	47,84	±0,01
3.	Размер кривошипа, мм	35,5	+0,025 -0,050
4.	Отклонение от цилиндричности, мм	-	0,005
5.	Отклонение от соосности внутренних коренных шеек относительно оси крайних шеек, мм	-	0,015
6.	Отклонение от круглости коренных и шатунных шеек, мм	-	0,005
7.	Отклонение углового расположения шатунных шеек относительно оси базового элемента, мин	-	±30
8.	Отклонение от параллельности шатунных шеек при опоре на крайние коренные шейки		0,04/200

### 1.3 Материалы и технология изготовления коленчатых валов

#### 1.3.1 Материалы и заготовки коленчатых валов

Коленчатые валы изготавливают из углеродистых, хромомарганцевых, хромоникельмолибденовых, и других сталей, а также из специальных высокопрочных чугунов. Наибольшее применение находят, стали марок 45, 45Х, 45Г2, 50Г, а для тяжело нагруженных коленчатых валов дизелей-40ХНМА, 18ХНВА и др. Хромоникелевольфрамовая сталь 18Х2Н4ВА отличается особенно высокой прочностью (твердость НВ 321... 381) и ударной вязкостью. Поверхностную твердость и износостойкость углеродистых сталей повышают термической обработкой с нагревом токами высокой частоты (ТВЧ). Твердость и усталостную

Инов. №	Подпись и дата	Взам. инв.	Инов. №	Подпись и дата

Инов. №	Подпись и дата	Взам. инв.	Инов. №	Подпись и дата	Материал представлен <a href="http://kursovik1.ru/unikalnye-raboty-v-pdf">http://kursovik1.ru/unikalnye-raboty-v-pdf</a>	Лист
ИЗ	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		14

прочность поверхностного слоя валов из высоколегированных сталей 40ХМА, 18Х2Н4ВА обеспечивают азотированием.

Заготовки стальных коленчатых валов средних размеров в крупносерийном и массовом производстве изготавливают ковкой в закрытых штампах на молотах или прессах при этом процесс получения заготовки проходит несколько операций. После предварительной и окончательнойковки коленчатого вала в штампах производят обрезку облоя на обрезном прессе и горячую правку в штампе под молотом.

В связи с высокими требованиями механической прочности вала большое значение имеет расположение волокон материала при получении заготовки во избежание их пере резания при последующей механической обработке. Для этого применяют штампы со специальными гибочными ручьями. После штамповки перед механической обработкой, заготовки валов подвергают термической обработке - нормализация - и затем очистке от окалины травлением или обработкой на дробеметной машине.

Припуски на механическую обработку шеек стальных заготовок полученных этим методом, составляют 3-4 мм на сторону со штамповочными уклонами 7-10 градусов. Точность заготовок лежит в пределах 15-16-го квалитетов. Допустимая кривизна в плоскости разъема штампов заготовки автомобильного коленчатого вала не более 1-1,5 мм, смещение от сдвига штампов допускается до 2 мм.

Литые заготовки коленчатых валов изготавливают обычно из высокопрочных чугунов. Такие чугуны содержат 0,2 ... 0,25 % Cr, 1,15 ... 1,4% Mn, не более 0,002 ... 0,14 % S, а также незначительное количество церия и других легирующих элементов. Механические свойства таких чугунов близки к свойствам высококремнистой стали. Материал имеет высокие эксплуатационные качества и хорошо обрабатывается режущим инструментом. Применяют также и серые чугуны, модифицированные сплавом ферроцерия с магнием.

Инд. N°	Подпись и дата	Взам. инв.	Инд. N°	Подпись и дата

Валы, полученные методом прецизионного литья (в оболочковых формах), имеют ряд преимуществ по сравнению со «штампованными», в том числе высокий коэффициент использования металла. В литых заготовках можно получить ряд внутренних полостей при отливке.

Припуск на обработку шеек чугунных валов составляет не более 2,5 мм на сторону при отклонениях по 12-13 квалитетам. Меньшее колебание припуска и меньшая начальная неуровненность благоприятно сказываются на эксплуатации инструмента и «оборудования» особенно в автоматизированном производстве.

Коленчатые валы отливают в оболочковые формы в горизонтальном положении. Если в одной форме отливают два вала, заливку металла производят через общий литник.

Правку валов производят после нормализации в горячем состоянии в штампе на прессе после выемки заготовки из печи без дополнительного подогрева.

### 1.3.2 Механическая обработка коленчатых валов

Сложность конструктивной формы коленчатого вала, его недостаточная жесткость, высокие требования к точности обрабатываемых поверхностей вызывают особые требования к выбору метода базирования, закрепления и обработки вала, а также последовательности, сочетания операций и выбору оборудования.

Основными базами коленчатого вала являются опорные поверхности коренных шеек. Однако далеко не на всех операциях обработки можно использовать их в качестве технологических. Поэтому в некоторых случаях технологическими базами выбирают поверхности центровых отверстий. В связи со сравнительно небольшой жесткостью вала на ряде операций при обработке его в центрах в качестве дополнительных технологических баз используют наружные поверхности предварительно обработанных шеек.

Инов. N°	Подпись и дата	Взам. инв.	Инов. N°	Подпись и дата



При обработке шатунных шеек, которые в соответствии с требованиями технических условий должны иметь необходимую угловую координацию, опорной технологической базой являются специально фрезерованные площадки на щеках.

Типовой технологический маршрут обработки штампованных стальных коленчатых валов может быть представлен в такой последовательности:

- 1) фрезерование торцов;
- 2) сверление центровых отверстий;
- 3) фрезерование технологических опорных баз на щеках;
- 4) обтачивание концов вала и коренных шеек;
- 5) предварительное шлифование коренных шеек;
- 6) обтачивание противовесов и щек;
- 7) обтачивание шатунных шеек;
- 8) обработка поверхностей камер грязесборников, смазочных каналов и шпоночных пазов;
- 9) термическая обработка - закалка коренных и шатунных шеек;
- 10) окончательное шлифование конца вала, коренных шеек и фланца;
- 11) окончательное шлифование шатунных шеек;
- 12) обработка отверстий во фланце и на концах вала;
- 13) растачивание поверхности посадочного отверстия под подшипник со стороны фланца;
- 14) отделочная операция поверхности коренных и шатунных шеек.

Термическая обработка шеек валов обычно заключается в закалке и низком отпуске до твердости HRC 55...58. В условиях крупносерийного и массового типов производства закалку ведут с нагревом ТВЧ. Заготовки устанавливают вертикально шейками в индукторы, нагрев ТВЧ продолжается определенное время, а затем из этих же индукторов подается вода и происходит закалка поверхностного слоя. Длительностью охлаждения регулируют температуру отпуска и соответственно твердость закаливаемой поверхности. Если переходные

Инд. N°	Подпись и дата	Взам. инв.	Инд. N°	Подпись и дата
Изд	Лист	N° докум.	Подп.	Дата

поверхности валов - галтели - подвергают поверхностным пластическим деформациям, то в процессе термической обработки их защищают керамическими полукольцами или обмазывают специальным составом, а затем (после термической обработки) обкатывают роликами. Для повышения общей усталостной прочности и износостойкости поверхностей шеек коленчатых валов применяют азотирование. Для этого вал устанавливают на выдвижную платформу электрической тоннельной печи, укладывают коренными шейками на графитовые подшипники, сообщают ему медленное вращение для исключения появления деформации в процессе азотирования. Азотирование проходит при температуре в печи 520...530°C, его выполняют перед последней отделочной операцией. Твердость поверхности на глубине 0,30...0,40 мм достигает HV 1000 и выше. Для ответственных двигателей в качестве отделочной операции применяют микрошлифование подпружиненными шлифовальными брусками, совершающими дополнительно осциллирующее движение в осевом направлении одновременно всех коренных и шатунных шеек, а также наружное хонингование брусками с алмазным наполнителем.

## 2 Выбор метода и средства измерений

Для измерения диаметров коренных и шатунных шеек коленчатых валов в заводских лабораториях применяют стандартные средства контроля такие как микрометры, скобы, оптиметры, длинномеры и др. Все эти средства реализуют двухточечную схему измерения диаметра. Характерным для этой схемы является измерение одного сечения объекта, что является причиной разброса результатов измерения диаметра. Величина разброса определяется формой контролируемого объекта, погрешностью измерительного прибора и квалификацией оператора. Для уменьшения погрешности измерения необходимо выбирать средства измерения с соответствующей допускаемой погрешностью.

Инд. №	Подпись и дата	Взам. инв.	Инд. №	Подпись и дата

Объектом измерения является диаметр шатунной шейки двигателя ЗМЗ-672:  $\varnothing 60h5_{(-0,013)}$ .

Допуск контролируемого параметра:  $T_d = 13$  мкм (ГОСТ 25347-2013 «Основные нормы взаимозаменяемости. Характеристики изделий геометрические. Система допусков на линейные размеры. Ряды допусков, предельные отклонения отверстий и валов»).

Допускаемая погрешность измерения  $\sigma$  включает случайные и неучтенные систематические погрешности (погрешности СИ) и определяется по следующей зависимости [4]:

$$\sigma = (0,2 \dots 0,35) IT.$$

Меньшее значение относится к более грубым квалитетам, а большее к точным квалитетам.

Допускаемая погрешность при измерении шатунной шейки двигателя ЗМЗ-672 -  $\varnothing 60h5_{(-0,013)}$ :

$$\sigma = 0,3 \cdot 13 = 3,9 \text{ мкм.}$$

В соответствии с ГОСТ 8.051 (Приложение 1) допускаемая погрешность измерения для номинального размера  $\varnothing 60$  и допуске 0,013 мкм составляет 4 мкм.

Предельная допустимая погрешность средства измерения находится путем умножения допустимой погрешности измерения  $\sigma$  на коэффициент 0,6 - 0,8.

Выбираем коэффициент 0,8.

Предельная допустимая погрешность средства измерения равна:

$$\pm \Delta_{lim} = 0,8 \cdot 4 = 3,2 \text{ мкм.}$$

При выборе средства измерения необходимо выполнять условие:

$$\sigma < \Delta,$$

где  $\Delta$  - предельная погрешность средства измерения.

Инд. №	Подпись и дата	Взам. инв.	Инд. №	Подпись и дата
Изд.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

Выбираем средство измерения по РД 50-98-86 (Приложение 2) – скоба рычажная на стойке СР-75 ГОСТ 11098-75 , набор концевых мер КМД- 2 кл., с предельной погрешностью измерения  $\Delta=3$  мкм, с пределами измерений 50-75 мм, ценой деления 0,002 мм.

При измерении с помощью рычажной скобы реализуется дифференциальный метод измерений, который относится к методам сравнения с мерой.

Дифференциальный метод измерения предполагает сравнение измеряемой величины с некоторой образцовой величиной и измерение разности между этими величинами. В литературе этот метод называется также относительным, так как средство измерения фиксирует лишь отклонение параметра от установочного значения.

Мера – это средство измерений, воспроизводящее величину известного размера.

Общий вид рычажной скобы и ее схема приведены на рисунке 4.

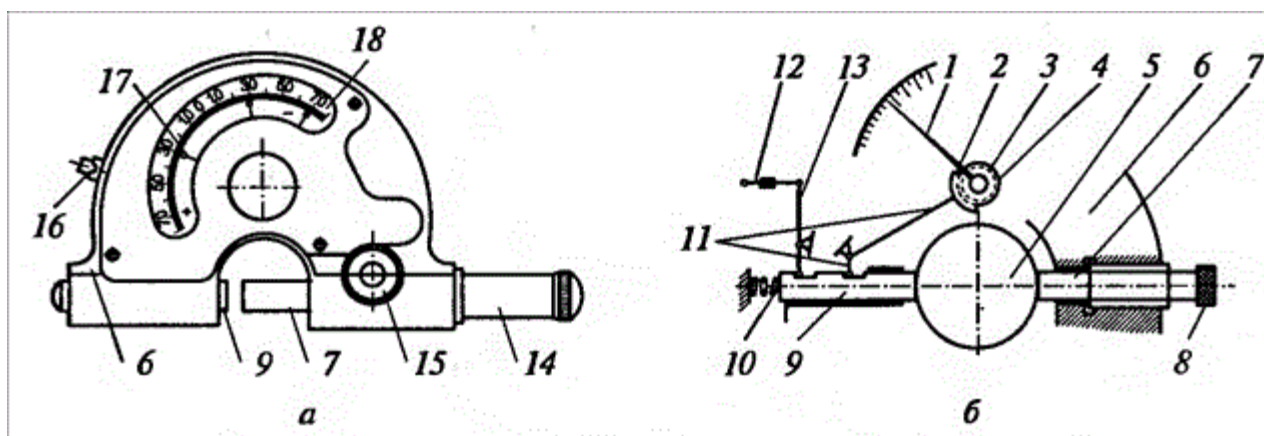


Рисунок 4 – Рычажная скоба (а) и ее схема (б):

1 – стрелка; 2 – зубчатый сектор; 3 – спиральная пружина; 4 – зубчатое колесо; 5 – объект измерения; 6 – корпус; 7 – неподвижная пятка (регулируемая); 8 – микровинт для настройки; 9 – подвижная пятка; 10 - - пружина; 11 – измерительный рычаг; 12 – стержень арретира; 13 – рычаг арретира; 14 – предохранительный колпачок; 15 – гайка фиксатора; 16 – кнопка арретира; 17 – шкала; 18 – указатель предела действительных отклонения.

Инд. №	Подпись и дата
Инд. №	Подпись и дата
Взам. инв.	Подпись и дата
Инд. №	Подпись и дата

Изд.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

Настройку скобы производят на номинальный размер по блоку плоскопараллельных концевых мер длины (КМД). При этом скоба может удерживаться в руке исполнителем работы или быть закреплена в стойке.

Настройка скобы выполняется в следующей последовательности.

1. Отвинчивается колпачок, предохраняющий от самоотвинчивания переставную пятку.

2. Перемещается на необходимое расстояние переставная пятка и стопорится в исходном положении. При этом стрелка отсчетного устройства должна быть установлена напротив нулевой отметки шкалы

3. Отводится с помощью кнопки отвода подвижная пятка, вынимается блок КМД и устанавливается измеряемая деталь. При этом по отсчетному устройству определяется отклонение размера измеряемой детали от установленного (номинального) размера.

Метрологические характеристики выбранного средства измерения приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Метрологическая карта

Измеряемый параметр детали	Диаметр шатунной шейки
Характеристика объекта измерения	
Тип элемента	вал
Условное обозначение	∅ 60h5
Обозначение на чертеже	∅ 60 <sub>-0,013</sub>
Номинальный размер	60
Квалитет	5
Допуск, мкм	13
Допустимая погрешность	4
Предельная допустимая погрешность средства измерения	3
$\pm \Delta_{lim}$	
Метрологические характеристики СИ	
Вид СИ	Скоба СР-75 ГОСТ 11098-75
Пределы измерения, мм	50-75
Предельная погрешность СИ, мкм	3

Инд. №	Взам. инв.	Инд. №	Подпись и дата

Продолжение табл.2

Диапазон измерений, мм	$\pm 0,14$
Цена деления шкалы, мкм	0,002
Метод измерения	дифференциальный

Инд. N°	Подпись и дата	Взам. инв.	Инв. N°	Подпись и дата

Инд. N°	Подпись и дата	Взам. инв.	Инв. N°	Подпись и дата	Материал представлен <a href="http://kursovik1.ru/unikalnye-raboty-v-pdf">http://kursovik1.ru/unikalnye-raboty-v-pdf</a>	Лист
Инд. N°	Подпись и дата	Взам. инв.	Инв. N°	Подпись и дата		22

## Заключение

В данной курсовой работе рассмотрены особенности конструкции и типовой процесс изготовления коленчатых валов, основные требования к их конструктивным элементам и точности изготовления.

Обеспечение точности изготовления автомобильных деталей является важной задачей, так как несоответствие по точности может привести не только ухудшению функционирования узлов автомобиля, уменьшению срока их эксплуатации (глава 1), но и к опасности для жизни людей.

Особая роль в обеспечении точности отводится метрологическому обеспечению производства и, в частности, правильному выбору средств измерения. В данной работе проведен выбор средства измерения одного из основных параметров коленчатого вала – диаметра шатунной шейки, дана характеристика метода измерения при измерении данным средством.

Инв. N°	Подпись и дата	Взам. инв.	Инв. N°	Подпись и дата
Из	Лист	N° докум.	Подп.	Дата
Материал представлен <a href="http://kursovik1.ru/unikalnye-raboty-v-pdf">http://kursovik1.ru/unikalnye-raboty-v-pdf</a>				Лист
				23

## Библиографический список

1. Федеральный закон от 26.06.2008 №102-ФЗ «Об обеспечении единства измерений» (с изменениями и дополнениями) [Электронный ресурс]. URL: [www.consultant.ru](http://www.consultant.ru) (дата обращения 05.05.2017).
2. Технический регламент о безопасности колесных транспортных средств. Утв. Постановлением Правительства РФ от 10 сентября 2009 г. № 720. [Электронный ресурс]. URL: [rg.ru](http://rg.ru) (дата обращения 05.05.2017).
3. ГОСТ 25347-2013 «Основные нормы взаимозаменяемости. Характеристики изделий геометрические. Система допусков на линейные размеры. Ряды допусков, предельные отклонения отверстий и валов». [Электронный ресурс]. URL: [standartgost.ru](http://standartgost.ru) (дата обращения 05.05.2017).
4. ГОСТ 8.051-81 «Государственная система обеспечения единства измерений. Погрешности, допускаемые при измерении линейных размеров до 500 мм». [Электронный ресурс]. URL: [standartgost.ru](http://standartgost.ru) (дата обращения 05.05.2017).
5. РД 50-98-86 «Методические указания. Выбор универсальных средств измерений линейных размеров до 500 мм (По применению ГОСТ 8.051-81)». [Электронный ресурс]. URL: [standartgost.ru](http://standartgost.ru) (дата обращения 05.05.2017).
6. Методические указания к практическим занятиям по курсу «Методы и средства диагностирования автотранспортных средств» / ВлГУ; сост.: В. Н. Романов, И.С. Суслов. - Владимир: Издательство ВлГУ, 2007.-52с.
7. Конструирование узлов и деталей машин : учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / П. Ф. Дунаев, О. П. Леликов. — 12-е изд., стер. — М. : Издательский центр «Академия», 2009. — 496 с. - ISBN 978-5-7695-6503-8.

	Подпись и дата		Инв. №	
	Взам. инв.			
	Подпись и дата			



Допускаемые погрешности измерения  $\delta$ , в мкм, по ГОСТ 8.051

Квалитеты	5		6		7		8		9		10		11		12		13		14	
	<i>IT</i>	$\delta$	<i>IT</i>	$\delta$	<i>IT</i>	$\delta$	<i>IT</i>	$\delta$	<i>IT</i>	$\delta$	<i>IT</i>	$\delta$	<i>IT</i>	$\delta$	<i>IT</i>	$\delta$	<i>IT</i>	$\delta$	<i>IT</i>	$\delta$
Св. 1 до 3	4	1,4	6	1,8	10	3	14	3	25	6	40	8	60	12	100	20	140	30	250	50
” 3 ” 6	5	1,6	8	2	12	3	18	4	30	8	48	10	75	16	120	30	180	40	300	60
” 6 ” 10	6	2	9	2	15	4	22	5	36	9	58	12	90	18	150	30	220	50	360	80
” 10 ” 18	8	2,8	11	3	18	5	27	7	43	10	70	14	110	30	180	40	270	60	430	90
” 18 ” 30	9	3	13	4	21	6	33	8	52	12	84	18	130	30	210	50	330	70	520	120
” 30 ” 50	11	4	16	5	25	7	39	10	62	16	100	20	160	40	250	50	390	80	620	140
” 50 ” 80	13	4	19	5	30	9	46	12	74	18	120	30	190	40	300	60	460	100	740	160
” 80 ” 120	15	5	22	6	35	10	54	12	87	20	140	30	220	50	350	70	540	120	870	180
” 120 ” 180	18	6	25	7	40	12	63	16	100	30	160	40	250	50	400	80	630	140	1000	200
” 180 ” 250	20	6	29	8	46	12	72	18	115	30	185	40	290	60	460	100	720	160	1150	240
” 250 ” 315	23	8	32	10	52	14	81	20	130	30	210	50	320	70	520	120	810	180	1300	260
” 315 ” 400	25	9	36	10	57	16	89	24	140	40	230	50	360	80	570	120	890	180	1400	280
” 400 ” 500	27	9	40	12	63	18	97	26	155	40	250	50	400	80	630	140	970	200	1550	320
Относительная погрешность измерения	30...35%		30...25%				25%				25...20%				20%					

П р и м е ч а н и е : Для размеров с неуказанными допусками по ГОСТ 8.549-86  $\delta=0,5IT$  для квалитетов с 12-го по 17-й.

Инд. N°	Подпись и дата	Взам. инв.	Инд. N°	Подпись и дата

Предельные погрешности средств измерений  $\pm \Delta$ , мкм, по РД 50-98-86

Контрольно-измерительные средства			Цена деления, мм	Диапазон измерений, мм						
Код	Наименование и условное обозначение (предел измерения)	ГОСТ		до 10	10-50	50-80	80-120	120-180	180-250	250-500
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Штангенциркуль ШЦ-1, ШЦ-II, III	166-89	0,1	150	150	200	200	200	200	250
2	Штангенциркуль ШЦ-1, ШЦ-II, III	166-89	0,05	80	80	100	100	100	-	-
3	Микрометр гладкий МК-25 (50÷600)	6507-90	0,01	5	10	10	15	20	25	50
4	Микрометр рычажный, контакт любой МР-25 (50÷600)	4381-87	0,002	4	6	10	10	15	25	50
5	Микрометр рычажный, контакт линейный МР-25 (50÷1000)	4381-87	0,002	3	4	5	6	10	10	10
6	Скоба индикаторная, в руках СИ-50 (1000)	11098-75	0,01	15	20	20	20	20	40	50
7	Скоба индикаторная, на стойке СИ-50(1000)	11098-75	0,01	10	10	10	10	10	10	10
8	Скоба рычажная, в руках СИ-50 (150)	11098-75	0,002	4	5	10	20	25	-	-
9	Скоба рычажная, на стойке СИ-50 (150)	11098-75	0,002	2	2	3	5	5	-	-
10	Головка рычажно-зубчатая 1 ИГ ( $\pm 0,05$ )	18833-73	0,001	2	2,5	2,5	2,5	3	4	-
11	Головка рычажно-зубчатая 2 ИГ ( $\pm 0,01$ )	18833-73	0,002	4	4	5	5	6	8	-
12	Головка пружинная, микрокатор 1ИГП ( $\pm 0,03$ )	28798-90	0,001	0,5	0,5	1	1	1	-	-
13	Головка пружинная, микрокатор 5ИГП ( $\pm 0,15$ )	28798-90	0,005	3	3	3	5	5	-	-
14	Головка пружинно-оптическая, оптикатор 05П ( $\pm 0,05$ )	28798-90	0,0005	0,3	0,5	0,5	0,5	0,7	-	-
15	Головка пружинно-оптическая, оптикатор 01П ( $\pm 0,012$ )	28798-90	0,0001	0,25	0,3	0,35	0,4	0,4	-	-
16	Нутромер микрометрический НМ-75 (500)	10-88	0,01	-	-	15	20	20	20	30
17	Нутромер индикаторный НИ-10 (500)	868-82	0,01	-	15	20	20	25	25	30

Подпись и дата

Инв. N°

Взам. инв.

Подпись и дата

Инв. N°

Материал представлен <http://kursovik1.ru/unikalnye-raboty-v-pdf>

ИЗ Лист N° докум. Подп. Дата

Лист

26

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
18	Нутромер индикаторный (КМД-4 класса $R_a = 0,4$ ) НИ-10 (500)	868-82	0,001	-	4,5	5,5	6,5	6,5	-	-
19	Нутромер индикаторный модель 103 (КМД-1 класса) $R_a = 0,4$ у детали	9244-85	0,001	2	2,5	3,5	-	-	-	-
20	Нутромер индикаторный повышенной точности модель 106 (КМД-1 класса) $R_a = 0,8$	9244-85	0,002	-	3,5	5	6	6	8	-
21	Пневмопробки с отсчетным прибором $R_a=0,4$ у детали	Установочные кольца по ГОСТ 14865-78	0,0005	-	2	3	4	-	-	-
22	Пневмопробки с отсчетным прибором $R_a = 0,8$ у детали		0,0005	-	5	5	5	-	-	-
23	Пневмопробки с отсчетным прибором $R_a=0,2$ у детали		0,0002	-	0,5	0,5	0,8	-	-	-
24	Индикаторы ИЧ-2, ИТ-2	577-68	0,01	10	10	10	10	10	10	10
25	Индикаторы ИЧ-10, ИТ-10	577-68	0,01	20	20	20	20	25	30	40
26	Индикатор многооборотный 1 МИГ (0...1)	9696-82	0,001	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	-
27	Индикатор многооборотный 2 МИГ (0...2)	9696-82	0,002	4	4	4	4	4	4	-
28	Вертикальный оптиметр ИКВ	5405-75	0,001	0,5	1	1	1	-	-	-
29	Горизонтальный оптиметр ИКГ	10875-76	0,001	0,5	1	1	1	1	-	-
30	Измерительная машина с трубкой оптиметра ИЗМ-1 (2;4)	10875-76	0,001	-	-	1	1	1	1,5	2
31	Микроскоп инструментальный ММИ	8074-82	0,005	5	5	10	-	-	-	-
32	Микроскоп инструментальный БМИ	8074-82	0,005	5	5	10	10	-	-	-
33	Универсальный микроскоп УИМ	14968-69	0,001	3,5	4,5	5,5	7	9	12	-

**Примечание.** Коды с 16 по 23 и 29 использовать для контроля отверстий.

Инд. №	Взам. инв.	Инд. №	Подпись и дата
Изд.	Лист	№ докум.	Подп.
			Дата