

Как поправить коленвал?

Сергей БУРАВЦЕВ
 кандидат технических наук,
Александр ХРУЛЕВ
 кандидат технических наук



Когда речь заходит о капитальном ремонте двигателя, от механиков часто слышишь:

«Отдам коленчатый вал шлифовщику, прошлифует, и все будет как надо...»

К сожалению, «как надо» получается редко, и качественно отремонтировать коленчатый вал только шлифовкой не удастся. Почему? Попробуем разобраться.

Коленчатый вал, без сомнения, одна из главных, если не самая главная, деталь двигателя, определяющая его надежность и долговечность. В этом убедиться нетрудно, достаточно сравнить цену коленвала с ценой любой другой детали двигателя. А раз так, то в случае износа или повреждения во время эксплуатации автомобиля коленчатый вал надо по-

стараться восстановить — это, как правило, заметно дешевле, чем покупать новый.

Но при восстановлении коленчатого вала надо помнить: его надежность и долговечность не должны снизиться. Иначе ремонт, каким бы легким и простым он ни был, окажется слишком дорогим, так как деньги и время будут потрачены зря.

К сожалению, подобная ситуация — не редкость в отечественной практике. На некоторых ремонтных предприятиях коленчатый вал в результате ремонта иной раз приобретает почти фантастические свойства — начинают «пропускать» его сальники, выходят из строя детали привода распределительного вала и даже коробки передач. Случается и так, что стремительно падает давление масла в системе, а при проверке оказывается, что коренные подшипники быстро износились. Часто после ремонта заметно возрастают вибрации двигателя, да и работает он слишком шумно. Почему? Причин несколько, но, чтобы в них разобраться, сперва попробуем ответить на главный вопрос:

Что случилось с коленвалом?

Коленчатый вал — деталь не только очень дорогая, но и наиболее нагруженная (может, поэтому и дорогая). Силы, действующие на него, весьма велики. Это силы давления газов, передаваемые при сгорании топлива через шатуны от поршней, а также силы инерции от их возвратно-поступательного (вверх-вниз) движения. Более того, действующие силы переменны по величине и направлению, а значит, пытаются гнуть и ломать коленчатый вал одновременно в разных сечениях.

Чтобы противостоять таким нагрузкам, вал должен быть жестким и прочным, причем очень важна его усталостная прочность, т.е. способность выдерживать переменные нагрузки.

Одновременно поверхности шеек коленвала должны обладать способностью противостоять износу на протяжении многих тысяч часов работы. Ну а все вместе это достигается соответствующей конструкцией, материалами и технологией обработки коленчатых валов на заводе-изготовителе.

При нормальной эксплуатации коленвал будет работать очень долго. Но случается это, увы, не всегда. Если использовать масло низкого качества и неизвестного происхождения, не контролировать его уровень, менять масло и фильтр, «когда придется», гонять двигатель длительное время на максимальных режимах, да еще и недостаточно прогретым, то — будьте уверены — без последствий для коленвала это не пройдет.



Задир на шатунной шейке — обычный результат работы вала при недостаточной смазке.

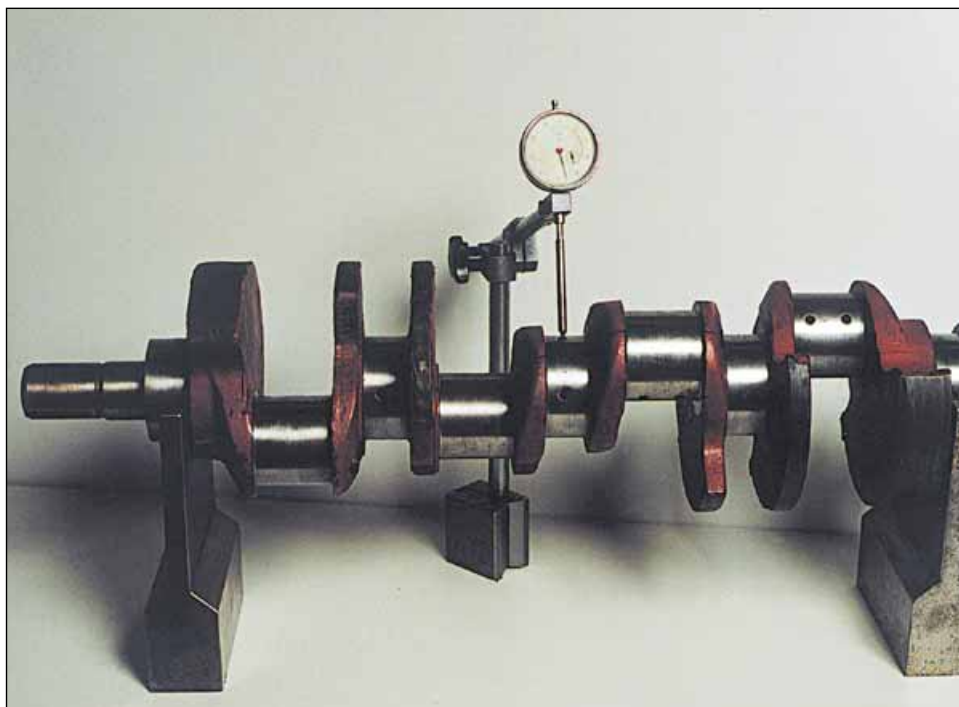
При проверке коленчатого вала перед ремонтом в первую очередь проверяется его деформация (взаимное биение коренных шеек).

Самые распространенные повреждения валов — из-за недостаточной смазки. В основном это задиры шеек, т.е. «схватывание» разнородных металлов в сопряжении «шейка-вкладыш» с переносом и наволакиванием металла одной детали на другую. Задиры всегда сопровождаются увеличением зазора в подшипнике, износом рабочих поверхностей с глубокими кольцевыми рисками, а иногда — перегревом и даже расплавлением вкладышей.

Задиры и износы, как правило, сами по себе не так страшны, — ведь у большинства двигателей шейки коленвала могут быть перешлифованы в ремонтный (уменьшенный) размер, причем даже не в один, а в несколько. Беда в другом — задр сопровождается местным нагревом поверхности шейки, иногда весьма и весьма значительным, в сотни градусов. А тут еще масло продолжает поступать. Чем не режим закалки?

После остывания такой вал обязательно окажется деформирован. Как? Очень просто. Та сторона шатунной шейки, которая воспринимает наибольшую нагрузку от шатуна, естественно, и разогревается сильнее. Нагрев — это расширение, значит, вал будет гнуться так, что щеки кривошипов по обе стороны этой шатунной шейки окажутся сведенными. Что же в таком случае будет с осью вращения вала? Она тоже изогнется, а это значит, что нарушится соосность коренных шеек вала, вал станет откровенно кривым. И такая ситуация возникает в 99% случаев задиров шеек.

Но как это повлияет на ремонт? Ну погнулся вал, и что? Ведь есть же ремонтные размеры! Прошлифовать его сразу во второй или даже в третий ремонт, и все дела!



Все да не все. На практике эта простота оказывается не только обманчивой, но и опасной.

Как не надо ремонтировать

Во многих мастерских на деформацию вала вообще не обращают внимания. Берут и шлифуют кривые валы, полагая, что после этого они становятся прямыми. И этого достаточно.

Недостаточно. Ведь на концах коленчатого вала находятся посадочные поверхности шестерен, шкивов, маховиков, а также рабочие поверхности под сальники. Все эти поверхности после шлифования кривого вала оказываются несоосными коренным шейкам, т.е. приобретают взаимное биение.

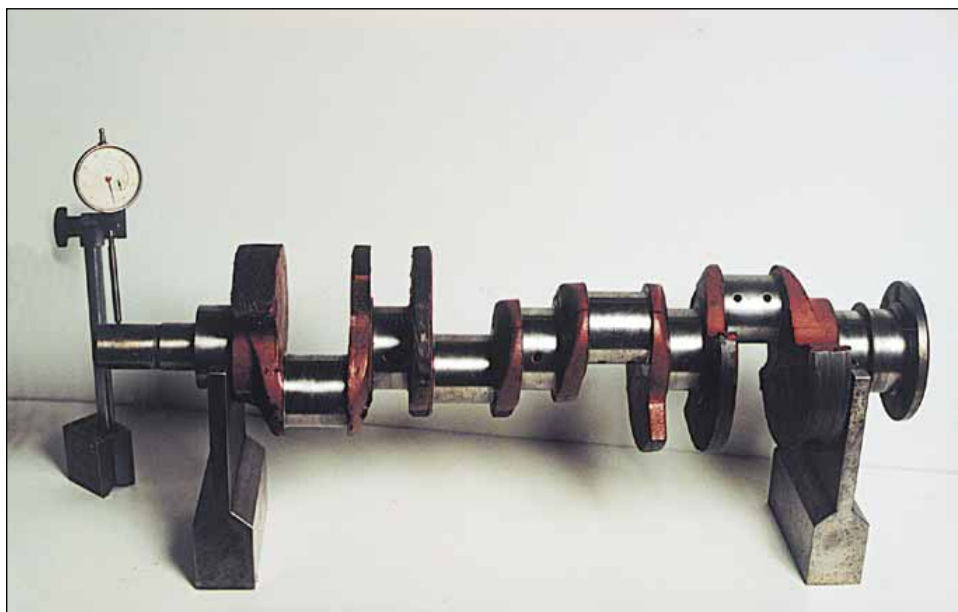
Согласно ТУ заводов-изготовителей, такие биения не должны превышать 0,010-0,020 мм. Куда там! После описанного «ремонта» иной раз и 0,1 мм можно почитать за благо. Что дает такое биение для двигателя, вкратце уже

рассказано выше. Добавим лишь, что при биении поверхности в 0,1 мм даже самый лучший и дорогой сальник не способен обеспечить герметичность. Такое же биение, например, звездочки цепи ГРМ приведет к резкому снижению ресурса цепи, значительному возрастанию шума и опасности поломки натяжителя и успокоителей. В свою очередь биение задней части коленчатого вала вызывает нагрузки на первичном валу коробки передач, подшипник которого вряд ли проживет долго.

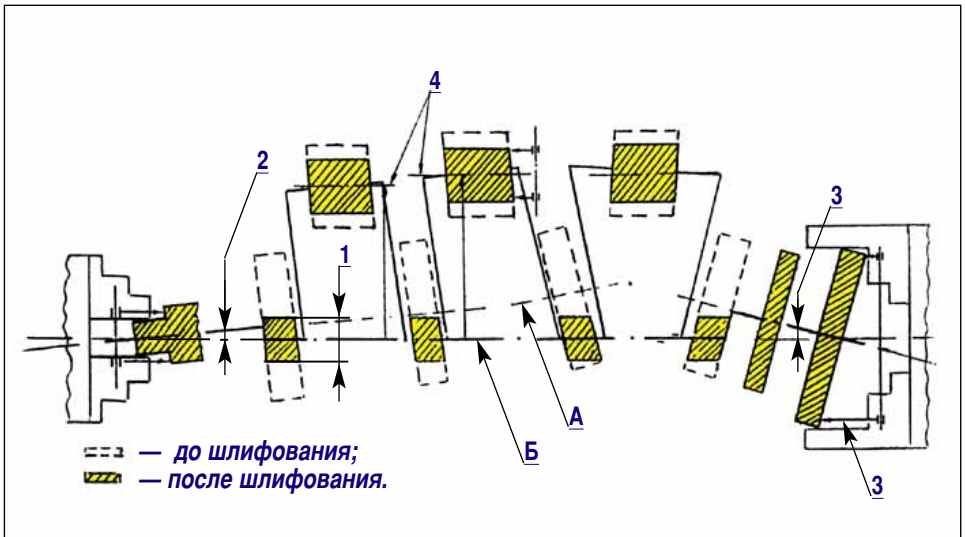
Но самое главное, вал станет неуравновешенным — его балансировка, тщательно выполненная на заводе-изготовителе, из-за смещения осей вращения шеек от их исходного положения нарушится. Свою лепту в это дело вносят и маховики, причем вибрация иной раз оказывается настолько сильной, что сама эксплуатация автомобиля с таким двигателем проблематична.

Нередко шлифовать кривой коленчатый вал бывает просто невозможно. Например, если биение шеек превышает их максимальное ремонтное уменьшение, вал обычно выбрасывают и покупают новый. А это совсем недешево, особенно, если речь идет об иномарках. Но и шлифовать вал сразу в последний ремонтный размер тоже неразумно — ведь его ресурс в этом случае практически исчерпывается.

Еще одна проблема связана с радиусами кривошипов — при шлифовании деформированного вала они, скорее всего, окажутся разными. Тогда двигатель дополнительно получит вибрации от масс нижних головок шатунов, вращающихся на разных радиусах, и от разни-



У деформированного вала легко обнаружить биение хвостовика относительно крайних коренных шеек. Такой вал без правки шлифовать нельзя.



При шлифовании кривого вала приходится сильно занижать диаметры шатунных и, особенно, коренных шеек (1). Концы вала получают недопустимые биения (2,3), а оси шатунных шеек оказываются на разных радиусах (4): А — ось коренных шеек кривого вала; Б — новая ось (ось вращения вала в шлифовальном станке).

цы в рабочих процессах цилиндров из-за изменения их рабочего объема и степени сжатия.

Что же делать с валом, если он кривой?

Конечно, теоретически и кривой коленчатый вал можно (правда, не всегда) восстановить так, чтобы все поверхности имели допустимое биение относительно коренных шеек. Теоретически, потому что это слишком сложный, трудоемкий и дорогой путь, включающий целый ряд операций, в том числе восстановление поверхностей, старение, динамическую балансировку и др.

Гораздо проще попытаться выправить кривой вал так, чтобы затем отшлифовать его в ближайший ремонтный размер. Иными словами, надо разогнуть его обратно. Правда, если вал имеет задиры на нескольких шейках, да еще расположенных в разных плоскостях, то кривая его прогиба становится пространственной. Распутать такую кривую — и наука, и детектив одновременно. Но сделать это необходимо, иначе качественно вал не отремонтировать.

Учитывая все эти обстоятельства, в разное время были разработаны специальные спосо-

бы правки коленчатых валов. Рассмотрим некоторые из них более подробно.

Самый известный и распространенный способ заключается в следующем: вал кладется на две опоры, а усилие с помощью прессы прикладывается между ними, причем в наиболее удаленной от оси точке.

Таким способом, действительно, удастся поправить вал, но установить точно, в каком конкретном месте возникает деформация при правке, очень трудно. Однако известно, что деформациям в первую очередь подвергаются самые «слабые» места вала. В основном это галтели — места перехода шеек к щекам. А тогда выявляется главный недостаток этого способа. Как известно, галтели — это концентраторы напряжений. Чтобы повысить усталостную прочность вала, галтели выполняют радиусными, шлифуют, полируют, а иногда и механически упрочняют специальными методами. При обычной правке в галтелях появляются напряжения растяжения. Они очень опасны, поскольку приводят к снижению усталостной прочности вала, появлению трещин и

в конечном счете к поломке вала. Это обстоятельство и является главной причиной того, что подавляющее большинство производителей запрещает править свои коленчатые валы и при серьезных повреждениях рекомендует их менять на новые.

Еще хуже распространившийся в последние годы способ правки чеканкой. С помощью зубила и молотка по галтелям намеренно наносится ряд сильных ударов. Возникающие вмятины и забоины на галтелях, действительно, создают напряжения и деформации, разгибающие вал. Но появившиеся очаги концентраторов напряжений таковы, что вал вряд ли прослужит долго до поломки, особенно если речь идет о современном форсированном двигателе.

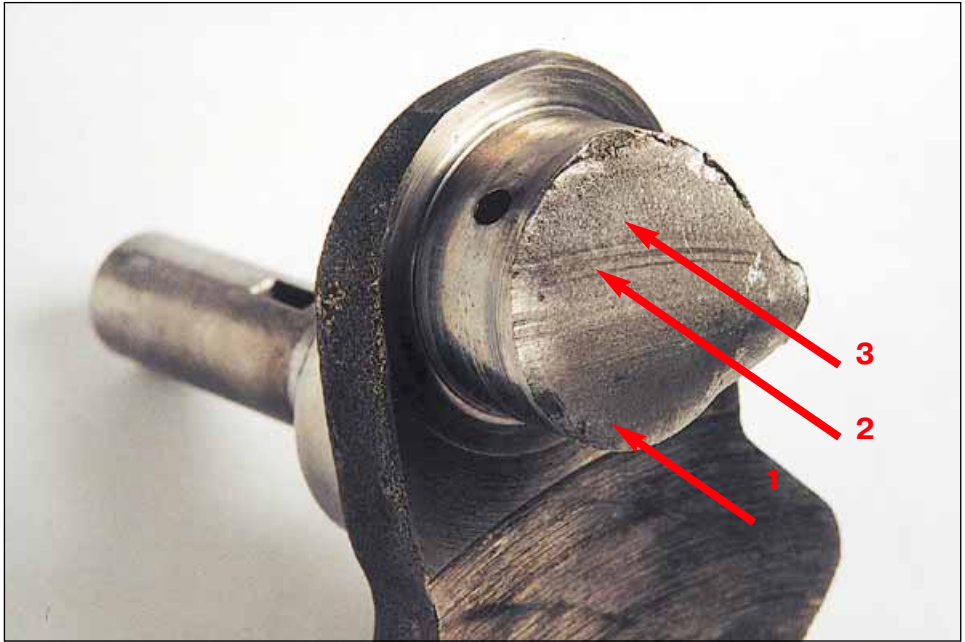
Иногда деформированное место на валу подвергают сильному нагреву, чтобы облегчить правку и снизить в процессе ее опасность поломки вала, особенно чугунного. Но в этом случае после остывания вал дополнительно деформируется, и проявляются все отрицательные последствия предыдущих способов, включая невозможность обеспечить требуемую точность правки.

В целом ни один из перечисленных способов не гарантирует того, что вал после правки со временем не «вернется» в криволинейное состояние (в таких случаях говорят, что вал обладает «памятью», т. е. способностью запоминать свое предыдущее состояние). Значит, опять возможны задиры и выход двигателя из строя.

Метод Буравцева

Учитывая недостатки известных способов правки, фактически не позволяющих их использовать в ремонте, был разработан принципиально другой способ. Его назвали «поэлементной холодной правкой».

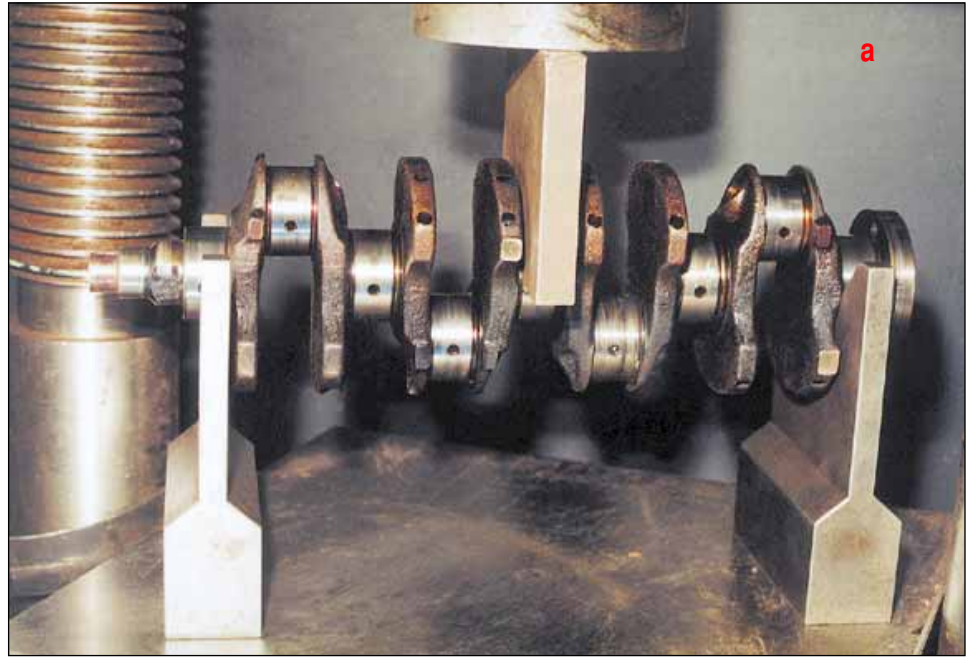
В процессе правки по методу Буравцева тоже используется пресс. «Ноу-хау» заключается в специальном приспособлении, с помощью которого поверхностный слой шейки вала пластически деформируется, да так, что в



Некачественно выполненный ремонт — типичная причина усталостного разрушения вала. По виду излома нетрудно определить: 1 — место, откуда началось развитие трещины; 2 — характерные линии «отдыха»; 3 — зону «долома», т.е. мгновенного разрушения вала, ослабленного трещиной.



Правка на прессе (а) и чеканкой (б) широко распространены на практике, но не обеспечивают долговечности вала после ремонта.



нем вместо обычных для подобных случаев напряжений растяжения создаются напряжения сжатия. Галтель при этом не затрагивается, а значит, усталостная прочность коленвала после правки не только не уменьшается, но даже возрастает. Более того, избавившись от недостатков ранее известных способов, поэлементная холодная правка, как оказалось, позволяет восстановить любые коленчатые валы (и чугунные, и стальные) любых двигателей (от мотоциклов до экскаваторов), да еще имеющие практически любой прогиб! При этом точность правки просто поразительна. Например, удастся обеспечить взаимное биение коренных шеек 0,010 мм при исходном биении свыше 1 мм — результат, доселе недостижимый ни одним из известных способов!

За годы использования способа поэлементной правки на практике накоплен огромный фактический материал о дальнейшей «судьбе» выправленных коленчатых валов как отечественных автомобилей, так и иномарок, включая грузовики и автобусы. Оказалось, что, в отличие от других, эти коленчатые валы не возвращаются в изогнутое состояние со временем. Не было и рекламаций, связанных с поломкой валов, что косвенно свидетельствует об их высокой усталостной прочности. И это несмотря на то, что многие валы имели ослабленные задирками шейки!

Все вышесказанное относится и к другим валам двигателей, в том числе распределительным и вспомогательным. Во многих случаях

применение данного способа правки вообще не имеет альтернативы, поскольку дает возможность вернуть к жизни практически «безнадежные» валы с очень большой исходной деформацией.

Иногда качественной правкой можно даже заменить шлифовку. Например, поставляемые в запчасти новые коленчатые валы некоторых отечественных заводов порой имеют недопустимо большое биение (0,05-0,1 мм и более) шеек и посадочных поверхностей. Такие валы выправляются, после чего традиционная шлифовка здесь уже не требуется (остаточное биение составляет не более 0,01 мм), да и динамическая балансировка оказывается ненужной.

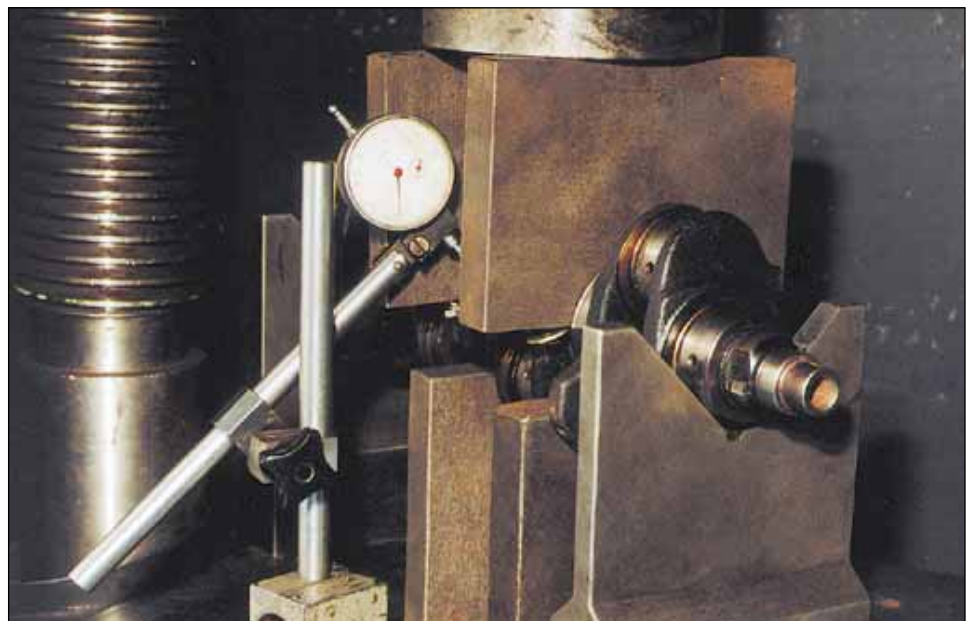
Если сравнить затраты на ремонт вала (правка и шлифовка) с ценами нового вала, то

в ряде случаев (иномарки, и особенно — грузовики и автобусы) ремонт получается в десятки раз выгоднее замены. Учитывая сегодняшнюю экономическую ситуацию в России, этот факт говорит сам за себя.

Разумеется, для достижения высокого качества необходимо, помимо правки, правильно выполнить все технологические приемы при шлифовании и доводке (полировке) рабочих поверхностей шеек и галтелей коленчатого вала. Как это сделать, мы расскажем подробно в наших следующих материалах.



Справка «АБС-авто».
Теперь поправить коленчатый вал
способом поэлементной холодной
правки можно и на «АБС-сервисе»,
тел.: (095) 945-74-40.



Поэлементная холодная правка по методу Буравцева — на сегодняшний день самый точный и качественный способ.