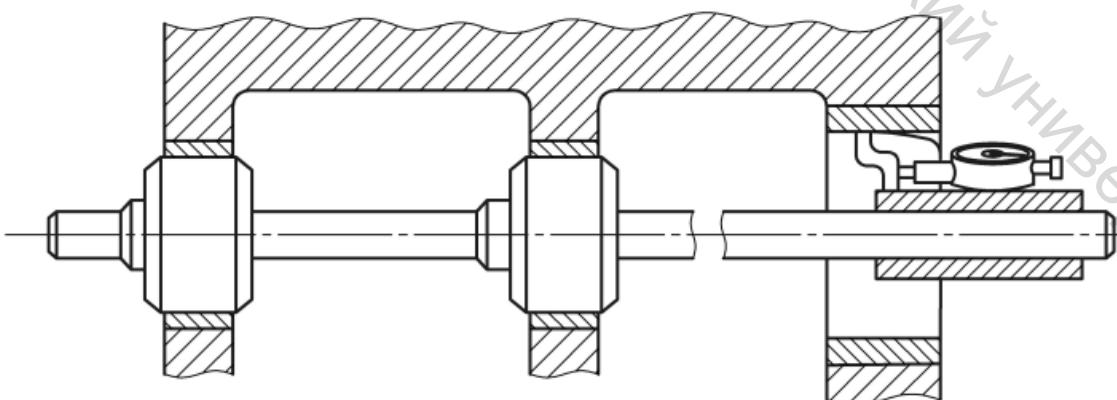


Н.В. БЕЛЯКОВ
В.А. ГОРОХОВ

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ
СБОРКИ МАШИН**



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Учреждение образования
«Витебский государственный технологический университет»

Н.В. БЕЛЯКОВ, В.А. ГОРОХОВ

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ
СБОРКИ МАШИН**

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ

Рекомендовано УМО ВУЗов Республики Беларусь по образованию в
области автоматизации технологических процессов, производств и управления
в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений,
обучающихся по направлениям: «Технология, оборудование и автоматизация
машиностроительных производств», «Автоматизация технологии и
производства», «Конструкторско-технологическое обеспечение
машиностроительных производств»

Витебск
2017

УДК 621.01
ББК 34.41
Б 44

Рецензенты:

профессор кафедры технологии машиностроения Белорусского национального технического университета, доктор технических наук Каштальян И.А.;

заведующий кафедрой материаловедения и технологии металлов УО «Белорусский государственный технологический университет», кандидат технических наук, доцент Куис Д.В.

Рекомендовано к изданию редакционно-издательским советом УО «ВГТУ», протокол № 9 от «30» ноября 2016 г.

Беляков, Н. В.

Б 44 Проектирование технологических процессов сборки машин : учебное пособие / Н. В. Беляков, В. А. Горохов ; под ред. В. А. Горохова ; УО «ВГТУ». – Витебск, 2017. – 101 с.

ISBN 978-985-481-498-8

Учебное пособие посвящено проектированию технологических процессов сборки на примерах машины (станка) и типовых сборочных единиц с использованием общих подходов к решению практических задач, возникающих при разработке технологии.

Учебное пособие предназначено для студентов технологических и конструкторских специальностей машиностроительных вузов, систем повышения квалификации и переподготовки кадров ИТР и может быть полезно технологам и конструкторам предприятий машиностроения.

УДК 621.01
ББК 34.41

ISBN 978-985-481-498-8

© УО «ВГТУ», 2017

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
1 Проектирование технологических процессов сборки	6
1.1 Ознакомление со служебным назначением машины.....	6
1.2 Исходная информация и этапы разработки ТП сборки.....	8
1.3 Сборка типовых сборочных единиц.....	12
1.3.1 Сборка составных валов и муфт.....	12
1.3.2 Установка подшипников скольжения в корпус.....	17
1.3.3 Сборка подшипников скольжения на валу и укладка вала в подшипники.....	25
1.3.4 Сборка узлов с подшипниками скольжения.....	29
1.3.5 Сборка зубчатых и червячных передач.....	37
1.3.6 Сборка маховиков и шкивов с валами.....	48
2 Автоматизация процессов сборки	52
2.1 Теоретические положения автоматической сборки.....	52
2.2 Автоматическая сборка с применением сборочных машин.....	57
2.3 Автоматическая сборка с применением промышленных роботов..	58
3 Методы и средства контроля качества машин	64
3.1 Погрешности сборочных процессов.....	64
3.2 Методы контроля точности машин и их узлов.....	66
3.3 Испытания машин.....	69
Литература	71
Приложение А Пример оформления технологического процесса на сборочную единицу.....	73
Приложение Б Типовые технические требования к станочным приспособлениям.....	86

ВВЕДЕНИЕ

Разработку технологического процесса изготовления любой машины следует начинать с глубокого изучения служебного назначения машины и критического анализа норм точности и технических требований. Далее в определенной последовательности и с учетом объема выпуска разрабатывается технологический процесс сборки машины и ее сборочных единиц (узлов). Технология изготовления всех деталей машины также ведется в строго определенной последовательности и выполняется с применением общих положений и правил. Это связывает технологию со служебным назначением машины и обеспечивает согласованность решений, принимаемых на различных этапах разработки технологического процесса в любой отрасли машиностроения.

В технологическом процессе изготовления машины сборке принадлежит ведущая роль. Технологические процессы изготовления деталей являются подчиненными технологией сборки машины. Поэтому вначале разрабатывается технология сборки. Этому должны предшествовать изучение служебного назначения машины и анализ соответствия ему технических требований.

Сборка является одним из заключительных этапов изготовления машины, в котором проявляются результаты всей предшествующей работы, совместно проделанной конструкторами и технологами по созданию машины. Качество машины и трудоемкость сборки во многом зависит от того, как понято конструктором и воплощено в конструкции служебное назначение машины, как установлены нормы точности, насколько удачно выбраны методы достижения требуемой точности машины и как эти методы реализуются в технологии изготовления машины.

Участвуя вместе с конструктором в создании машины, технолог, разрабатывающий технологический процесс ее сборки, должен знать служебное назначение машины, понимать связи, посредством которых машина должна выполнять предписанный ей процесс, обеспечить действие этих связей в машине с требуемой точностью соответствующим построением технологического процесса.

Учебное пособие посвящено проектированию технологических процессов сборки на примерах машины (станка) и типовых сборочных единиц с использованием общих подходов к решению практических задач, возникающих при разработке технологии. Разработка технологических процессов сборки изделий и их оснащения осуществляется в соответствии со стандартами: ЕСТД (Единая система технологической документации) и ЕСТПП (Единая система технологической подготовки производства). Технологию сборки изделия разрабатывают перед технологией изготовления деталей, входящих в изделие. Важную роль в сокращении ручного труда и производительности сборки игра-

ет автоматизация сборочных процессов с применением сборочных машин и промышленных роботов.

Витебский государственный технологический университет

1 ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ СБОРКИ

1.1 Ознакомление со служебным назначением машины

Каждая машина создается для выполнения определенного технологического процесса, в результате осуществления которого должна быть получена продукция требуемого качества. В связи с этим содержание служебного назначения машины должно прежде всего отражать исчерпывающие данные о продукции, которую ей предстоит производить: вид, качество, количество.

Служебное назначение машины должно включать перечень условий, в которых машине предстоит работать и производить продукцию требуемого качества в необходимом количестве. Условия работы машины берут из описания технологического процесса изготовления продукции, они включают комплекс показателей с допустимыми отклонениями, характеризующими качество исходного продукта, потребляемую энергию, режимы работы машины и состояние окружающей среды.

Составной частью описания служебного назначения машины могут быть требования к экономической эффективности, надежности и производительности машины. Требуемая производительность машины определяется в результате разработки технологического процесса изготовления продукции и проведения технико-экономических расчетов.

Кроме того, в описание служебного назначения машины могут входить дополнительные требования, которые необходимо учесть при проектировании и изготовлении машины: к внешнему виду, безопасности работы, удобству и простоте обслуживания и управления, уровню шума, коэффициенту полезного действия и т. п.

В качестве примера можно рассмотреть, как формулируется служебное назначение агрегатного станка (рисунок 1.1). Станок предназначен для сверления восьми отверстий в шестерне, зенкования фасок и нарезания резьбы М8 х 1,25 в них. Станок должен обеспечивать при сверлении отверстий диаметром $7^{+0,16}$ мм под резьбу 7-го квалитета радиальное положение отверстий с отклонением не более 0,1 мм, угловое положение – с отклонением не более 30', перпендикулярность осей отверстий с отклонением не более 0,15/100 мм. Такую точность должен обеспечивать станок при изготовлении детали из поковки с предварительно обработанными торцами и центральным отверстием диаметром $81,^{+0,02}$ мм. Показатели точности заготовки являются основой задания точности базовых элементов станка. Материал заготовки — сталь 12ХН3, твердость 163 ... 197 НВ, масса 1,95 кг. Температура заготовок 20^{+20}_{-10} °С, температура воздуха в цехе (20 ± 4) °С. Производительность станка должна быть 150 деталей/ч,

долговечность станка 8 лет.

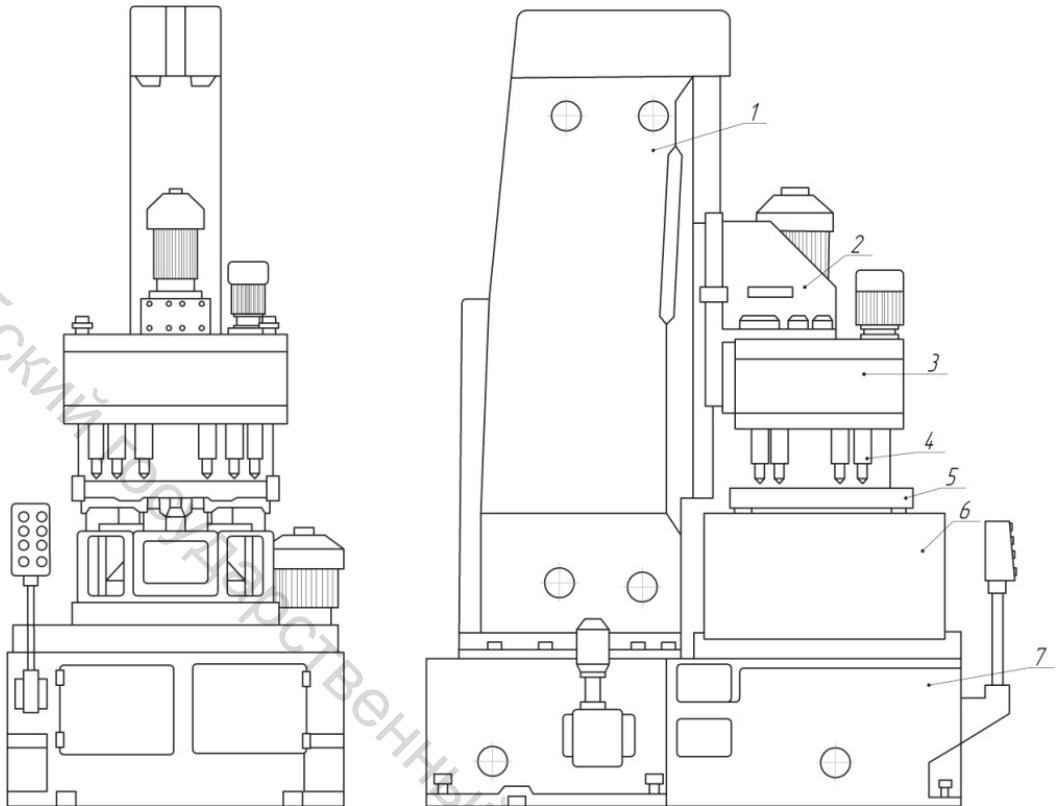


Рисунок 1.1 – 24-шпиндельный вертикальный сверлильно-резьбонарезной агрегатный станок: 1 – вертикальная стойка станины; 2 – силовая головка; 3 – шпиндельная коробка; 4 – инструмент; 5 – кондукторная плита; 6 – приспособление; 7 – основание (базовая плита станины)

Первоначально служебное назначение машины формулируется заказчиком в результате наметки технологического процесса изготовления продукции и уточняется при оформлении заказа на проектирование машины. Для конструктора формулировка служебного назначения машины является исходным документом, который впоследствии прилагается им к чертежам машины. Технолог, приступающий к проектированию технологии изготовления машины и являющийся лицом, ответственным за сдачу готовой машины заказчику, должен критически оценить формулировку служебного назначения машины. Это необходимо для того, чтобы задачи, которые должны быть решены с помощью создаваемой машины, были определены правильно. Если ошибка или неточности, допущенные при конструировании и изготовлении машины, еще как-то устранимы, то ошибки в определении служебного назначения машины – ее замысла – не поддаются исправлению и нередко ведут к неполноценности или негодности конструкции. На практике нередки случаи, когда уточнения служебного назначения машины на стадии проектирования технологического процесса тре-

буют значительных конструктивных доработок и способствуют повышению качества машины.

1.2 Исходная информация и этапы разработки ТП сборки

При разработке технологических процессов сборки используют исходную (базовую, руководящую и справочную) информацию. Базовая информация включает данные, содержащиеся в конструкторской документации на собираемое изделие, и программу его выпуска. Руководящей информацией являются данные, содержащиеся в стандартах всех уровней на технологические процессы и методы управления ими, оборудование и оснастку; в производственных инструкциях и документации на действующие и перспективные единичные, типовые и групповые технологические процессы; в классификаторах технико-экономической информации; в материалах по выбору технологических нормативов (режимов сборки, норм времени, затрат труда и др.); в документации по технике безопасности и промышленной санитарии. Справочная информация включает данные, содержащиеся в технологической документации опытного производства; в каталогах, паспортах, справочниках, альбомах прогрессивных средств технологического оснащения сборки; в описаниях прогрессивных способов сборки; в планировках сборочных участков; в методических материалах по проектированию и управлению процессов сборки; в прогнозах научно-технического прогресса и планах повышения технического уровня сборочного производства.

К основным этапам разработки технологических процессов сборки обычно относятся следующие.

1. Анализ исходных данных для разработки технологического процесса сборки.
2. Расчет такта и ритма сборки, определение типа производства и организационной формы сборки.
3. Отработка конструкции собираемого изделия на технологичность при сборке.
4. Выбор действующего типового, группового технологического процесса или поиск аналога единичного процесса сборки.
5. Проведение размерного анализа конструкции собираемого изделия, выбор технологических баз и схем базирования, установление рациональных методов сборки.
6. Составление технологического маршрута сборки изделия.
7. Разработка технологических операций.
8. Нормирование технологического процесса сборки.
9. Определение требований техники безопасности.
10. Расчет экономической эффективности вариантов технологического

процесса сборки.

11. Оформление документации на технологический процесс сборки.

Необходимость выполнения каждого из перечисленных этапов, а также состав задач и последовательность их решения определяются в зависимости от вида и типа сборочного производства и устанавливаются стандартами предприятия.

Анализ исходных данных для разработки технологического процесса сборки. К исходным данным для разработки технологического процесса относятся: программа выпуска изделия; конструкторская документация на изделие; объем кооперации и другие данные, входящие в состав рассмотренной выше исходной информации. Для действующих и реконструируемых предприятий к исходным также относятся данные об имеющихся сборочном оборудовании и оснастке, производственных площадях и т. п.

В процессе проведения анализа исходных данных изучаются конструкция собираемого изделия, требования к его сборке; определяется перечень дополнительной справочной информации, необходимой для разработки процесса сборки; разрабатываются предложения по конструктивным изменениям изделия, упрощающим сборку; выявляется перспективность производства изделий и т. п.

Расчет такта и ритма сборки, определение типа производства и организационной формы сборки. Такт (темп) сборки представляет собой интервал времени, через который производится сборка изделий определенного наименования, типоразмера и исполнения. При заданном режиме работы сборочного производства такт сборки T зависит от числа собираемых изделий за определенный промежуток времени

$$T = F/N, \quad (1.1)$$

где F – фонд времени (годовой, месячный, сменный), ч; N – программа выпуска изделий за тот же промежуток времени, шт.

Номинальный (календарный) годовой фонд времени F_n работы сборочного оборудования равен 2070, 4140 и 6210 ч соответственно для работы в одну, две и три смены. Действительный годовой фонд времени работы сборочного оборудования $F_d = F_n K_n$, где K_n – коэффициент, учитывающий потери времени на ремонт сборочного оборудования. Для неавтоматизированного сборочного оборудования, принимая K_n по числу смен в сутки равным 0,98; 0,97 и 0,96, получим соответственно значения F_d 2030; 4015 и 5965 ч для работы в одну, две и три смены; для автоматизированного оборудования значения F_d будут соответственно равны 1950, 3810 и 5590 ч (при коэффициентах потерь 0,94; 0,92 и 0,90), а для автоматических линий – 1900; 3725 и 5465 ч (при коэффициентах потерь 0,92; 0,90 и 0,88). В соответствии с указанными значениями F_n и F_d такты сбор-

ки $T_h = F_h/N_g$ и $T_d = F_d/N_g$, где N_g – годовая программа выпуска изделий.

Ритм сборки определяется числом изделий определенных наименований, типоразмеров и исполнений, собираемых в единицу времени. Номинальный R_h и действительный R_d ритмы сборки $R_h = 1/T_h$ и $R_d = 1/T_d$.

Тип производства определяется номенклатурой, регулярностью, стабильностью и объемом выпуска изделий; он характеризуется коэффициентом закрепления операций $K_{30} = O/P$, где O – число всех различных технологических операций, выполненных или подлежащих выполнению в течение месяца; P – число рабочих мест, на которых выполняются данные операции.

Различают единичное, серийное и массовое производства. Единичное сборочное производство характеризуется малым объемом выпуска одинаковых собираемых изделий, повторный выпуск которых обычно не предусмотрен, для данного производства K_{30} не регламентируется. Серийное сборочное производство характеризуется сборкой изделий периодически повторяющимися партиями. В зависимости от числа изделий в партии или серии и значения коэффициента K_{30} различают мелкосерийное ($20 < K_{30} < 40$), среднесерийное ($10 < K_{30} < 20$) и крупносерийное ($1 < K_{30} < 10$) сборочные производства. Массовое сборочное производство ($1 = K_{30}$) характеризуется большим объемом выпуска собираемых изделий, непрерывно выпускаемых продолжительное время, в течение которого на большинстве рабочих мест выполняется одна технологическая операция.

В зависимости от типа производства, программы выпуска изделий, их конструкции, размеров и массы определяется организационная форма сборки.

Отработка конструкции собираемого изделия на технологичность в сборке. Осуществляют с учетом типа сборочного производства, уровня автоматизации технологических процессов сборки, применяемого сборочного оборудования и т. п.

Выбор действующего типового, группового технологического процесса или поиск аналога единичного процесса сборки. Осуществляют путем формирования технологического кода собираемого изделия с помощью технологического классификатора и отнесения собираемого изделия по его технологическому коду к действующему типовому, групповому или единичному технологическому процессу сборки. При наличии действующего типового, группового или единичного технологического процесса, который может быть использован для данного собираемого изделия, технологический процесс его сборки разрабатывают на основе имеющейся технологической документации на эти процессы сборки. При отсутствии таких действующих технологических процессов сборки его разрабатывают на основе использования прогрессивных решений, реализованных в действующих единичных процессах сборки аналогичных изделий.

Проведение размерного анализа конструкции собираемого изделия, вы-

бор технологических баз и схем базирования, установление рациональных методов сборки. При проведении размерного анализа конструкции собираемого изделия выявляют и строят все сборочные размерные цепи и проводят соответствующие расчеты размерных параметров. На основе выполнения расчетов и анализа сборочных размерных цепей определяют необходимую точность сборки компонентов и наиболее экономичные методы ее достижения. Обоснование выбора технологических баз, схем базирования и схем относительной ориентации компонентов на позициях сборки осуществляют на основе расчета технологических размерных цепей и условий автоматической собираемости компонентов. При выборе технологических баз используют принцип совмещения технологических баз с измерительными и конструкторскими с целью повышения точности и возможности использования рациональных методов достижения точности сборки. При этом также реализуют возможность обеспечения постоянства и рациональной последовательности смены баз при выполнении сборки изделия.

При выполнении анализа возможных схем базирования рассчитывают погрешности установки компонентов и точность сборки, обеспечиваемую применением различных схем базирования. При выборе технологических баз дополнительно учитывают удобство установки и снятия собираемого изделия, его устойчивость и надежность закрепления, удобство установки присоединяемых компонентов и подвода сборочного инструмента и т. п.

Составление технологического маршрута сборки изделия. На этом этапе определяют последовательность выполнения технологических операций, которую в наглядной форме представляют в виде технологической схемы сборки. Определяют содержание технологических операций и норм времени на их выполнение, а также состав средств технологического оснащения сборки.

Разработка технологических операций. На этом этапе решают задачи рационального построения и выбора структуры технологических операций. Устанавливают рациональную последовательность выполнения и содержания переходов в операциях. Определяют требования, предъявляемые к базирующим устройствам, устройствам относительной ориентации, сборочным головкам и другим функциональным элементам оборудования. Устанавливают исходные данные, необходимые для расчетов оптимальных режимов сборки, и рассчитывают их. Выбирают оборудование, обеспечивающее оптимальную производительность при условии обеспечения требуемого качества сборки. Рассчитывают загрузку оборудования. Выбирают оснастку и вспомогательное оборудование.

Нормирование технологического процесса сборки. На данном этапе производятся расчет и нормирование затрат труда на выполнение технологических операций и процесса сборки с использованием нормативов времени. Определяются разряд работ и профессии исполнителей для выполнения технологических операций с учетом сложности выполняемых работ.

Определение требований техники безопасности. Требования определяют путем разработки новых или выбора имеющихся требований техники безопасности и производственной санитарии к условиям сборочного производства (шуму, вибрации, опасным и вредным веществам в воздухе в зоне рабочих мест и т. п.). Разрабатывают требования к устойчивости экологической среды и средства ее обеспечения.

Расчет экономической эффективности технологического процесса сборки. Рассчитывают экономическую эффективность возможных вариантов технологического процесса и выбирают оптимальный вариант технологического процесса сборки.

Оформление документации на технологический процесс сборки. Оформляют необходимую технологическую документацию и осуществляют ее нормоконтроль. Оформленную документацию согласуют со всеми производствами и службами, связанными с выполнением и обеспечением реализации технологического процесса, а затем утверждают ее.

Документацию к технологическому процессу сборки в крупносерийном и массовом производстве оформляют в виде форм, установленных Единой системой технологической документации ГОСТ 3.1407- 74; ГОСТ 3.1105 - 74; ГОСТ 3.1104 - 74.

Карты технологического процесса сборки (КТП) составляют на каждую отдельно собираемую сборочную единицу, а также на общую сборку изделия. Для каждого рабочего места и сборочного поста в карту технологического процесса надо включать те операции, которые должны выполняться на этом посту. Комплектовочную карту сборки (КК) оформляют в зависимости от условий и характера производства.

Ведомость оснастки (ВО) включает наименования и обозначения всех видов оборудования, приспособлений, инструмента, требуемых для выполнения технологического процесса сборки.

Сборщику на рабочем месте, конечно, не требуются детальные и сборочные чертежи изделия; если он выполняет какой-то комплекс работ (одну или несколько операций), ему необходима четкая, с исчерпывающими данными карта технологического процесса, прикладываемая к ней карта эскизов и комплектовочная карта. Эти документы должны быть исчерпывающей инструкцией для осуществления сборки на данном рабочем месте.

1.3 Сборка типовых сборочных единиц

1.3.1 Сборка составных валов и муфт

В конструкциях машин распространены следующие способы соединения составных валов: шлицевой муфтой, втулочной муфтой со шпонками или

штифтами, соединение на конусе со штифтами, болтами, работающими на срез, фланцами, стягиваемыми болтами, запрессовкой одной части вала в другую, созданием сил трения, удерживающих части вала в определенном положении.

Сборку составного вала со шлицевой муфтой (рисунок 1.2 *а*) начинают с установки и закрепления частей вала 1 и 4 на призмах таким образом, чтобы оси их совпадали. Для этой цели удобно применять призмы с регулируемой высотой, устанавливаемые на выверенной плите. Параллельность осей плоскости плиты контролируют индикатором, укрепляемым на стойке. Части вала закрепляют в положении, требуемом условиями их последующего монтажа, т. е. с учетом расположения шпоночных канавок, отверстий, выступов и т. п. Далее надевают ограничительные кольца 2 и на один из шлицевых концов – муфту 3; конец второго вала вводят в отверстие муфты.

Если при данном относительном положении частей вала впадины и выступы шлицев вводимого конца вала и муфты не совпадут, валы необходимо раздвинуть, переставить муфту 3 на несколько шлицев, а затем снова собрать.

Для окончательной посадки муфты иногда применяют «мягкие» молотки. При посадке с натягом по центрирующему диаметру шлицев муфту перед сборкой целесообразно прогреть в горячем масле.

Сборочную единицу валов со втулочной муфтой на шпонках (рисунок 1.2 *б*) собирают в таком же порядке, предварительно установив шпонки, с соблюдением зазоров.

Валы, соединяемые втулочной муфтой со штифтами (рисунок 1.2 *в*), собирают в такой последовательности: устанавливают муфту на один конец вала, затем на другой, сверлят отверстия под штифты в валах, развертывают их и запрессовывают штифты.

Особенностью сборки составного вала, части которого соединяются коническими поверхностями (рисунок 1.2 *г*), является необходимость контроля силы запрессовки, так как углы уклона конуса в таких соединениях бывают очень малыми и при сборке возможен разрыв охватывающей части вала.

Контролировать запрессовку конуса можно измерением зазора h до начала запрессовки и в конце ее. Сверление отверстий под штифты и их установку осуществляют после окончательной запрессовки частей вала.

В конструкции, приведенной на рисунке 1.3, две части вала соединены болтами, установленными во фланцах; при этом соосность обеих частей обеспечивается центрирующим буртиком и строгой перпендикулярностью плоскостей фланцев к осям сопрягаемых частей вала.

Если требования в отношении соосности жесткие, то сборку такого вала начинают с подбора его частей по диаметрам центрирующего буртика и выточки для обеспечения минимального зазора в этом соединении. Посадку болтов в отверстиях фланцев назначают обычно Н/к, Н/п.

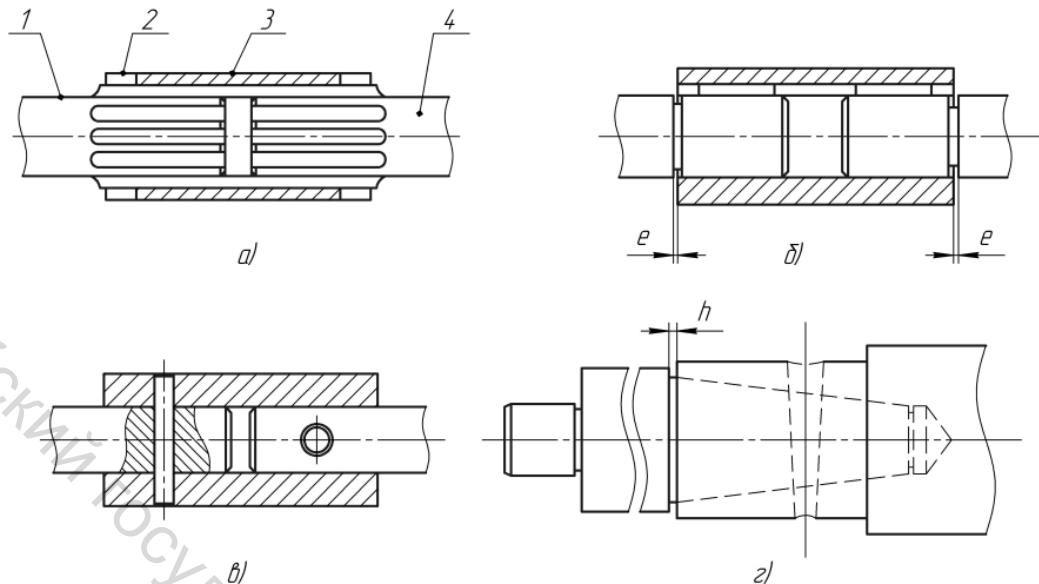


Рисунок 1.2 – Сборка составных валов

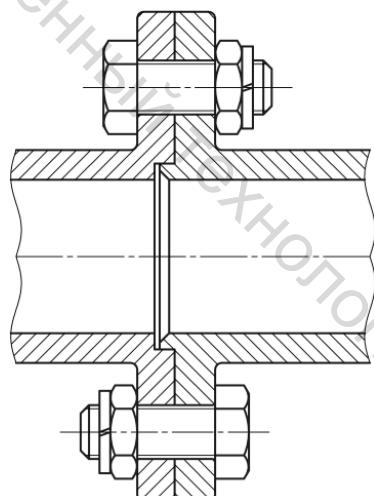


Рисунок 1.3 – Соединение валов болтами

При сборке обе половины вала устанавливают на призмах и, сдвигая их до соприкосновения фланцев, фиксируют в таком положении тремя болтами, расположенными в отверстиях под углом 120° . Затем вал устанавливают в центрах и проверяют на биение по всем шейкам обеих его половин. Если биение не выходит за пределы допустимого, устанавливают и закрепляют остальные болты. При этом для лучшего совпадения отверстия нередко развертывают. Если биение шеек в предварительно собранном вале больше допустимого, сборочную единицу необходимо разобрать, а затем собрать вновь, сместив одну половину по отношению к другой на некоторый угол.

Сборка коленчатых валов, сопряжения в которых осуществлены с гаран-

тированным натягом, производится в такой последовательности (рисунок 1.4 *а*). Палец 1 кривошипа гидравлическим прессом запрессовывают в отверстие щеки 2. После этого во второе отверстие щеки устанавливают макет вала с разжимной цапфой и проверяют параллельность осей отверстия щеки и запрессованного пальца кривошипа. Далее напрессовывают щеку на цапфу вала и производят окончательный контроль сборочной единицы на параллельность и не-пересечение осей пальца кривошипа и вала.

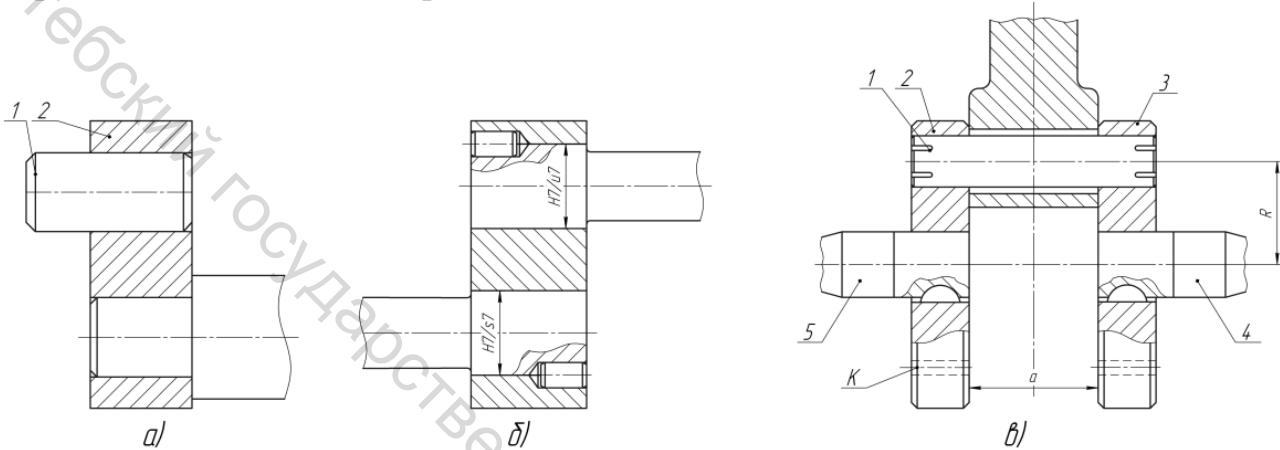


Рисунок 1.4 – Соединение составных коленчатых валов

Если в конструкции предусмотрены торцевые штифты (рисунок 1.4 *б*), то сверление и развертывание отверстий под штифты и установку их по посадкам $H7/s7$, $H7/u7$ осуществляют после предварительного контроля собранного вала.

Сборку составного вала, показанного на рисунке 1.4 *в*, можно выполнить двумя способами. Палец 1 кривошипа запрессовывают вначале в щеку 2, при этом палец и щека фиксируются в приспособлении. Щеку обычно предварительно нагревают до 170–180 °С (или охлаждают палец). После этого на палец 1 надевают шатун с набранными роликами (если головка его не имеет разъема) и на свободный конец пальца напрессовывают предварительно нагретую вторую щеку 3. Для обеспечения требуемого расстояния *a* между щеками устанавливают дистанционную плиту. Соосность отверстий в щеках под цапфы 4 и 5 обеспечивается направляющим штырем, вставленным в точно обработанные отверстия *K*. Затем в обе щеки запрессовывают цапфы 4 и 5 с предварительно вставленными шпонками.

При другом способе сборки в каждую щеку запрессовывают цапфы 4 и 5, зачем палец 1 запрессовывают в отверстие одной из щек, устанавливают шатун с роликами и напрессовывают вторую щеку. Соосность цапф 4 и 5 обеспечивается установкой сборочных единиц в центрирующем приспособлении, в результате чего отпадает надобность в отверстиях *K*. Технология сборки в этом случае следующая: в цапфы 4 и 5 запрессовывают шпонки; в нагретую щеку

устанавливают цапфу 4; так же запрессовывают цапфу 5 в другую щеку. Щеку с цапфой 4 в сборе вновь нагревают, запрессовывают палец 1. На пальце монтируют шатун на роликовом подшипнике. Далее нагревают щеку с цапфой 5, обе подгруппы базируют в приспособлении, устанавливают дистанционную плиту и окончательно собирают вал.

Во многих машинах и механизмах валы соединяются при помощи муфт, допускающих некоторое несовпадение или перекос осей. Конструкций таких муфт чрезвычайно много; в качестве примера рассмотрим порядок сборки одной из них (рисунок 1.5).

Муфта представляет собой два полужестких шариковых сочленения, каждое из которых состоит из внутренней обоймы 5, шариков 4 и наружной обоймы 3. Оба сочленения соединяются промежуточным кольцом 1. Благодаря шарикам 4 внутренние обоймы 5 могут во время вращения перекаиваться, не нарушая работы муфты.

Последовательность сборки такой муфты следующая: войлочные кольца 6 устанавливают в канавки гнезд 7 и при помощи конусной оправки калибруют под прессом до требуемого диаметра. Затем на наружные обоймы 3 устанавливают прокладки и каждое гнездо уплотнения 7 закрепляют четырьмя винтами 9 на наружных обоймах; во избежание самоотвертывания винты накернивают. Внутренние обоймы 5 вставляют в наружные обоймы 3 и между ними вкладывают поочередно по восемь шариков 4 в сферические лунки внутренних обойм. Для определения зазора в сопряжении вставляют два шарика в диаметрально противоположные лунки внутренней обоймы и измеряют ее диаметр вместе с шариками; после этого измеряют внутренний диаметр наружной обоймы 3 по противоположным канавкам и из полученного размера вычитают первый размер. Полученная разность – это зазор между обоймами.

Далее в промежуточное кольцо 1 ввертывают масленку 8, соединяют половины муфты с промежуточным кольцом 1, вставляют шесть винтов 2 и навинчивают на них гайки (не до конца), поставив при этом на место две прокладки и шесть стопорных шайб.

После сборки внутренние обоймы должны иметь возможность свободно перекаиваться в любом направлении. Муфта, не обеспечивающая перекоса осей, к установке на машину не допускается.

Перед монтажом муфты на валы последние предварительно проверяют на соосность и при необходимости производят соответствующую регулировку. Затем болты 2 снимают и каждую половину муфты монтируют на своем валу. Внутренние обоймы 5 напрессовывают на шлицевые хвостовики валов и укрепляют винтами, ввертываемыми в торцовые отверстия. Под эти винты помещают стопорные шайбы, отгибаемые после завертывания винтов в отверстия на торце внутренних обойм и по граням головок винтов. Полости промежуточного кольца 1 заполняют солидолом, на оба торца его устанавливают прокладки и

кольцо вводят между наружными обоймами 3. Затем окончательно устанавливают болты 2, затягивают их и стопорят.

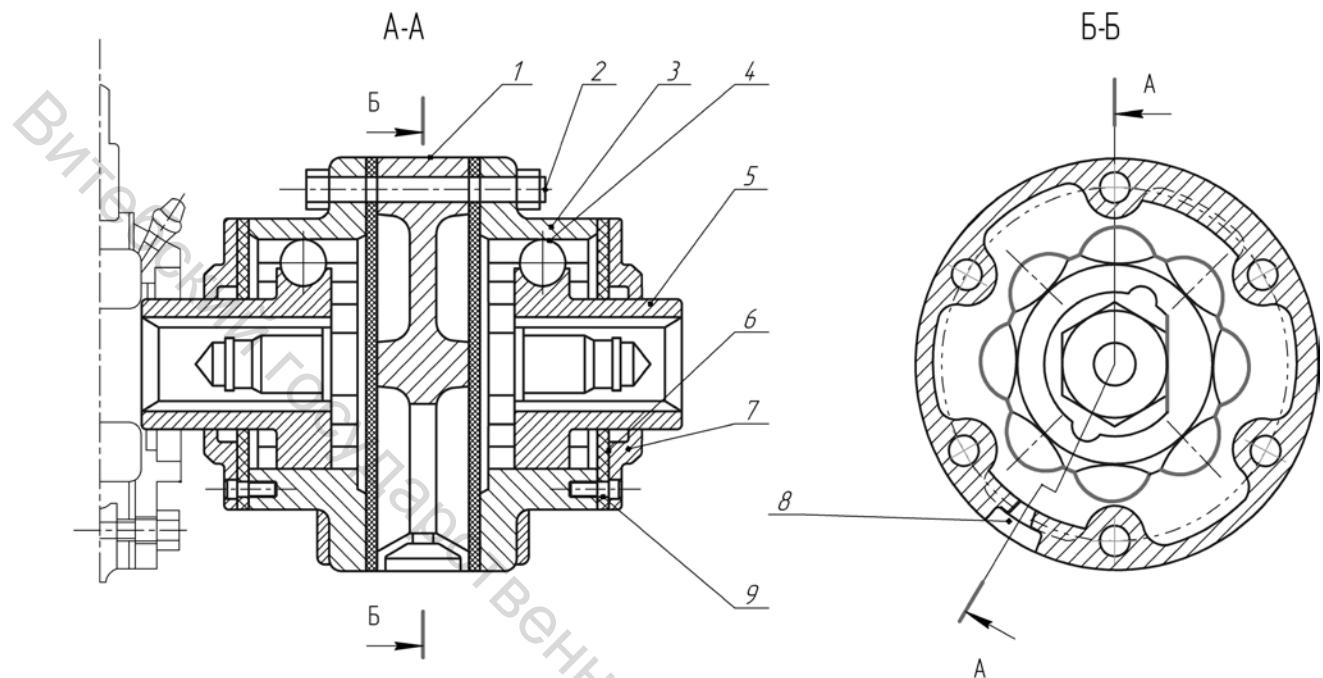


Рисунок 1.5 – Соединительная муфта

1.3.2 Установка подшипников скольжения в корпус

Подшипники скольжения могут быть цельными и разъемными. В первом случае подшипник представляет собой втулку, изготовленную из антифрикционного материала, запрессовываемую в корпус. Во втором случае подшипник состоит из двух частей – вкладышей с диаметральным разъемом.

Процесс установки втулки в корпус включает ее запрессовку, закрепление от проворачивания и подгонку отверстия. Запрессовку в зависимости от размеров втулки и натяга в сопряжении производят при обычной температуре, с нагревом корпуса или же с охлаждением самой втулки.

Простейший способ запрессовки втулки в корпус – при помощи обычной универсальной выколотки и молотка. Этот способ, широко распространенный в единичном и мелкосерийном производстве, дает удовлетворительные результаты лишь при малых натягах в сопряжении, относительно большой толщине стенок втулки и при тщательном выполнении операции. Направление движения при запрессовке создается здесь только отверстием в корпусе, поэтому большое значение имеет правильная первоначальная установка втулки, пре-

дотвращающая ее перекос, деформацию и задир поверхности корпуса или даже схватывание материалов элементов соединения.

При относительно больших натягах во избежание перекосов и сдавливания втулок (особенно при монтаже тонкостенных втулок) их при запрессовке необходимо более точно центрировать относительно отверстия в корпусе.

Для этого целесообразно пользоваться приспособлением, например, с направляющим стержнем 3 (рисунок 1.6 *а*). Втулку 5 надевают на шлифованную цилиндрическую часть оправки 2. Оправка хорошо центрируется на стержне 3. При давлении штока 1 пресса втулка 5 запрессовывается в корпус 4. Ручная запрессовка обеспечивается приспособлением (рисунок 1.6 *б*) путем вращения гайки 2 по резьбе стойки 3, выдавливания направляющей втулки 1 из отверстия и запрессовки в это отверстие корпуса 4 втулки 5.

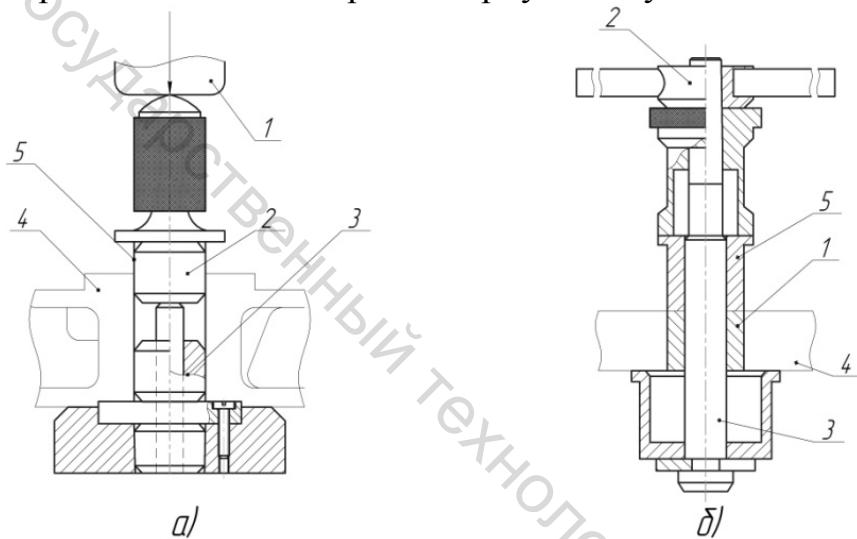


Рисунок 1.6 – Запрессовка подшипников в виде втулок:
а – на прессе; б – винтовым приспособлением с ручным приводом

Необходимо иметь в виду, что диаметр отверстия втулки после ее запрессовки уменьшается. Особенно это ощутимо при посадках со значительными натягами (например H9/u8, H9/s8). Если это не учтено до запрессовки при растачивании втулки, то отверстие ее приходится дополнительно обрабатывать. Чистовое растачивание или протягивание втулки в сборочной единице обычно производят в механических цехах, а развертывание и калибрование – чаще всего в сборочных.

Распространен также метод окончательной обработки отверстия втулки после ее запрессовки калиброванием шариком (рисунок 1.7 *а*) или пуансоном-прошивкой (однопоясковым дорном) (рисунок 1.7 *б*).

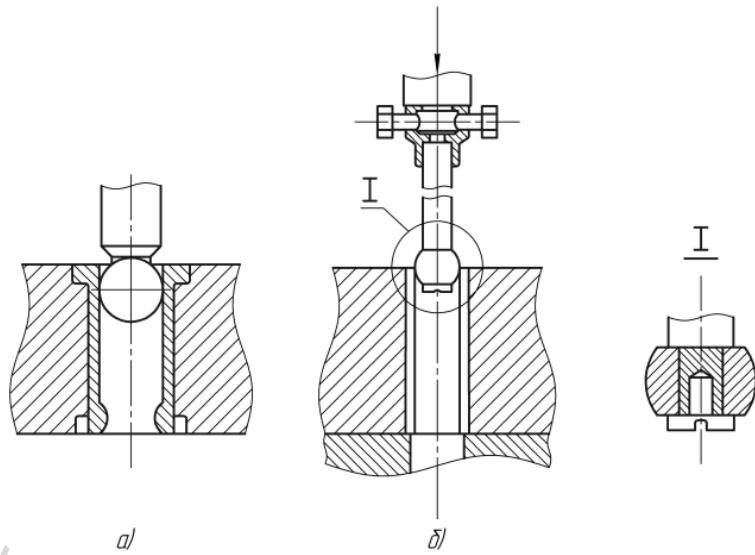


Рисунок 1.7 – Калибрование подшипников в виде втулок после их запрессовки

Овальность отверстия запрессованной втулки обнаруживают путем промера диаметров отверстия индикаторным нутромером (рисунок 1.8) в двух взаимно перпендикулярных направлениях на двух-трех поясах по высоте. Таким же способом может быть обнаружена конусность.

В крупносерийном и массовом производствах такой контроль осуществляется с помощью пневматических калибров (рисунок 1.9), выполненных в виде пробок 1 с соплами 2, имеющими отверстия диаметром 1,4–1,5 мм. С изменением диаметра втулки изменяется зазор между втулкой и пневмокалибром, что приводит к изменению скорости истечения воздуха через сопла и зазор, которая фиксируется поплавком прибора (пневмодлиномера) в виде отклонений в мкм от настроенного размера (диаметра).

Точную проверку перпендикулярности оси втулки торцу корпуса можно выполнить контрольным приспособлением с индикатором (рисунок 1.10 а). Приспособление состоит из конической оправки 1, каретки 3 с индикатором 4 и втулки 2. Коническую оправку вставляют в проверяемое отверстие. На цилиндрическую часть оправки надевают втулку с кареткой. Втулка при этом упирается в высшую точку проверяемого торца. Измерительный штифт 5 через рычаг 6 передает на индикатор 3 отклонение данной точки от высшей точки торца. Поворачивая каретку, проверяют отклонения по всей поверхности торца.

Такой контроль можно осуществлять также с помощью приспособления с гидропластмассой (рисунок 1.10 б). Головку 1 с двумя тонкостенными (толщиной 0,9–1,2 мм) поясками вводят внутрь отверстия и винтом 1 смещают плунжер 2. Вследствие этого в гидропластмассе повышается давление, и пояски головки равномерно выпучиваются, строго центрируя головку в отверстии. После этого измеряют щупом зазоры между калибром 3 и контролируемой плос-

костью. В быстродействующих приспособлениях этого типа вместо винта 1 используют диафрагменную пневматическую камеру.

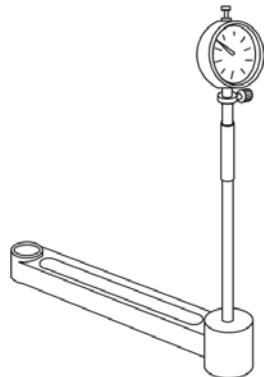


Рисунок 1.8 – Определение эллипсности (овальности) запрессованной втулки индикаторным нутромером

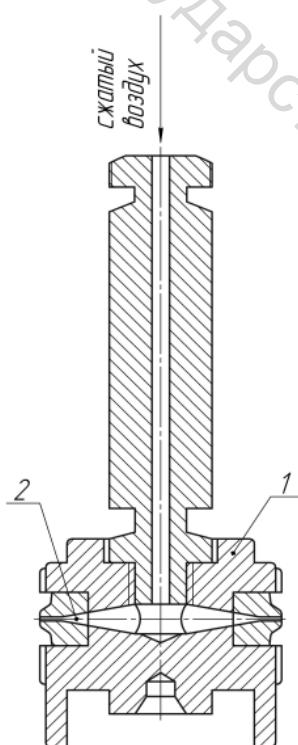


Рисунок 1.9 – Контроль формы отверстия запрессованной втулки пневматическим калибром

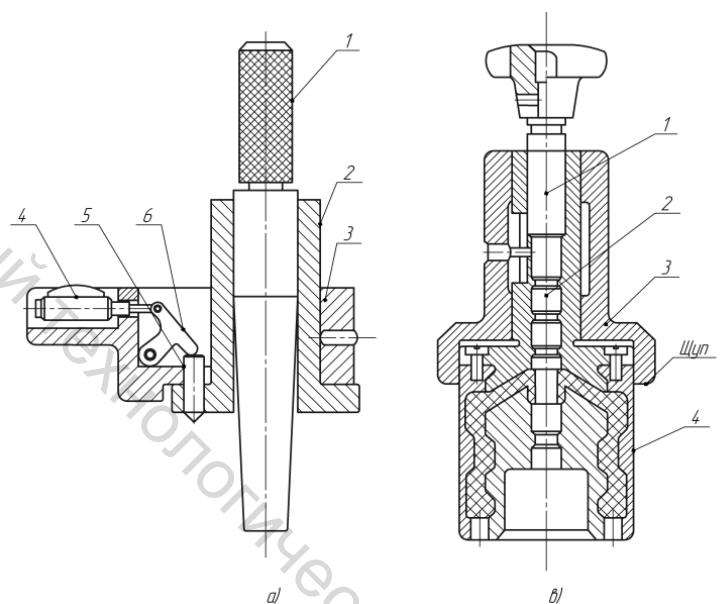


Рисунок 1.10 – Приспособления для определения перекоса запрессованной втулки

Разъемные подшипники могут быть толстостенные и тонкостенные. Для тонкостенных подшипников отношение толщины стенки к наружному диаметру $k = 0,025 \dots 0,045$; толстостенных $k = 0,065 \dots 0,095$. Комплект разъемных подшипников состоит из двух деталей-вкладышей. Во многих конструкциях нарушение этой комплектации не допускается.

Вкладыши толстостенных подшипников изготавливают из малоуглеро-

дистой стали, чугуна или бронзы и заливают баббитом или другим антифрикционным сплавом. Толщина слоя баббита $0,01d + (0,5\dots 2)$ мм, где d – диаметр отверстия подшипника.

Вкладыши устанавливают в корпус и в крышку с небольшим натягом. При монтаже вкладышей в постели деревянную или алюминиевую планку накладывают на обе плоскости вкладыша и по ней наносят легкие удары.

Для предотвращения перемещения вкладышей применяют установочные штифты (рисунок 1.11, 1.12). Их запрессовывают в корпус при помощи пресса или выколотки и молотка. Посадку штифтов в корпусе (Б) осуществляют с натягом $0,04\dots 0,07$ мм. Вкладыш должен устанавливаться на штифт с зазором $a = 0,1\dots 0,3$ мм. Кроме того, в одной из половин вкладышей отверстие под штифт в плоскости возможного вращения подшипника должно иметь несколько вытянутую форму, чтобы при перекосе плоскостей разъема вкладыш мог самоустанавливаться.

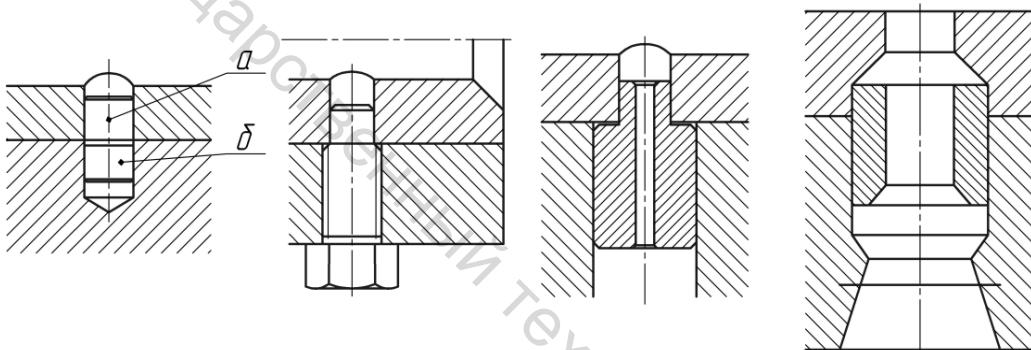


Рисунок 1.11 – Установочные штифты вкладышей подшипников

Перед установкой вкладышей в корпус и крышку все сопрягаемые поверхности должны быть просмотрены, а при наличии на них заусенцев зачищены шабером. Необходимо также проверить совпадение масляных каналов в корпусе и в крышке с отверстиями во вкладышах. Несовпадение этих отверстий на величину, превышающую $0,2$ их диаметра, не допускается. Масляные каналы в корпусе перед установкой вкладышей должны быть тщательно промыты при помощи шприца. В единичном производстве после подгонки вкладышей по месту на них должны быть нанесены метки.

Крышки подшипников 1, как правило, фиксируют с корпусами 2 штифтами (рисунок 1.13 а), пазами (см. рисунки 1.12, 1.13 б), шипами (рисунок 1.13 в) или точно пригнанными болтами (рисунок 1.13 г). Штифты запрессовывают в корпусе с натягом $0,03-0,07$ мм. Посадка крышки в пазах может быть с небольшим зазором или натягом.

Тонкостенные вкладыши изготавливают из малоуглеродистой стали и заливают изнутри слоем антифрикционного сплава. Они взаимозаменяемы, но верхний и нижний вкладыши образуют комплект. Замена в комплекте одного из вкладышей обычно не допускается.

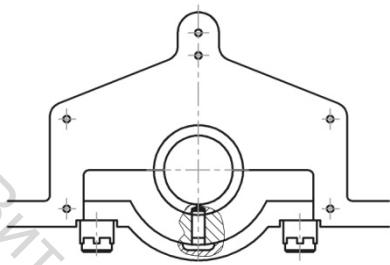


Рисунок 1.12 – Подшипниковая сборочная единица

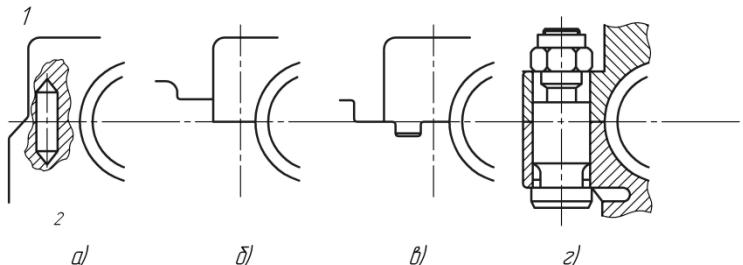


Рисунок 1.13 – Способы фиксации крышек подшипников

Фиксация тонкостенных вкладышей осуществляется посредством специального уса 3 (рисунок 1.14), выштампованного в месте разъема, реже – установочными штифтами. Усы упираются в опорные плоскости крышки или корпуса подшипника и препятствуют проворачиванию вкладышей, а также их осевому смещению.

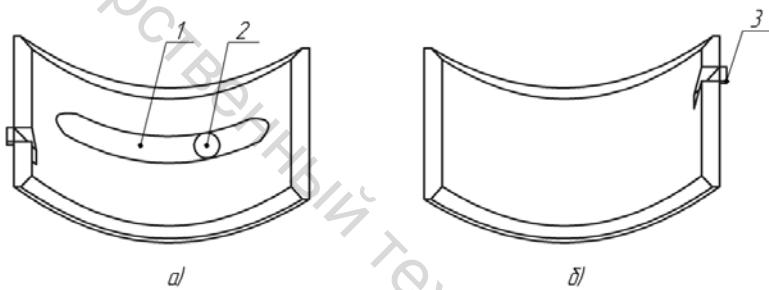


Рисунок 1.14 – Тонкостенные вкладыши:
а – верхний; б – нижний; 1 – канавка для смазки; 2 – отверстие подвода смазки;
3 – фиксирующий ус

В крупносерийном и массовом производстве после механической обработки вкладышей и гнезд для них особой подгонки сопрягаемых поверхностей друг к другу не требуется. Иногда лишь подбирают вкладыши на прилегание их в постелях по краске. При хорошем подборе отпечатки краски на стыках корпуса и вкладышей, а также в постелях располагаются равномерно и примерно везде одинаковы.

Плотное и равномерное прилегание вкладыша к корпусу имеет большое значение для обеспечения нормальной работы подшипника. Неплотное прилегание ухудшает теплоотдачу от вкладыша к корпусу при работе подшипника, в связи с чем повышается температура вкладыша и создаются неблагоприятные условия для работы антифрикционного слоя.

Постели под тонкостенные вкладыши обрабатывают с повышенной точностью (овальность не более 0,02 мм, конусность 0,01–0,015 мм на 100 мм диаметра), так как вкладыши при зажиме копируют форму постели.

Высоту вкладышей проверяют (для обеспечения требуемого натяга) на

специальном приспособлении, выполненном по схеме (рисунок 1.15 *а*), с помощью которого создаются условия, аналогичные тем, в каких работают вкладыши при окончательной затяжке подшипников после сборки. Это достигается посредством пневмоцилиндра 3 (рисунок 1.15 *б*), шток которого через упор 2 передает на вкладыш такое же усилие Q , которое возникает при затяжке болтов или шпилек подшипника. Размер гнезда (сменная часть в корпусе 4 приспособления), куда устанавливается вкладыш, равен наружному диаметру D . Предварительно в это гнездо ставят вкладыш-эталон и отмечают положение стрелки индикатора 1, которое не должно меняться при контроле вкладышей, если высота их соответствует техническим требованиям.

После установки подшипников многоопорного вала их необходимо проверить на соосность. Относительное смещение осей подшипников допускается в узких пределах, например, для некоторых тракторных двигателей смещение осей соседних опор не должно превышать 0,02 мм, а всех опор – 0,03 мм.

Соосность подшипников можно проверить макетным валом (рисунок 1.16 *а*), который вставляется внутри смонтированных втулок. При совпадении осей всех отверстий втулок этот вал может быть введен в эти отверстия свободно. Невозможность такой установки вала указывает на перекос или на смещение осей подшипников. Диаметр макетного вала должен быть меньше минимального диаметра отверстия подшипников на двойную величину допускаемой несоосности. Вначале под макетный вал в каждом подшипнике подкладывают полоски тонкой бумаги. Они должны хорошо зажиматься. После такой предварительной проверки макетный вал равномерно покрывают тонким слоем краски и контролируют соосность по ее отпечаткам на вкладышах.

Для проверки соосности подшипников крупных размеров применяют сборные макетные валы (рисунок 1.16 *б*), состоящие из трубы 3 и нескольких сменных 1 и передвижных 2 колец.

В сборочных единицах повышенной точности при больших диаметрах отверстий подшипников соосность можно проверять калибром и индикатором (рисунок 1.17); показания индикатора записывают через каждые 45° поворота.

В крупносерийном и массовом производствах целесообразно применять пневматический контроль соосности.

Для особо точного центрирования сборочных единиц в прецизионном станкостроении, подшипников турбин и других элементов конструкций машин в настоящее время применяют автоколлиматор с лазерным устройством. Центр луча лазера определяется посредством детектора с электронными координатнымичитывающими измерителями. Лазерное устройство устанавливается на автоколлиматоре. При этом достигается линейная точность до 0,8 мкм на 1 м и угловая – до 2 с.

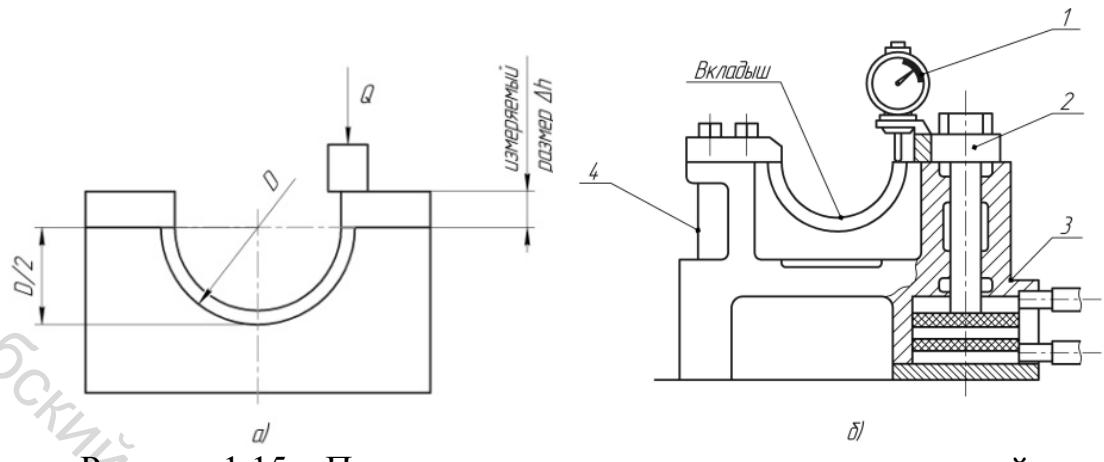


Рисунок 1.15 – Проверка высоты тонкостенных вкладышей

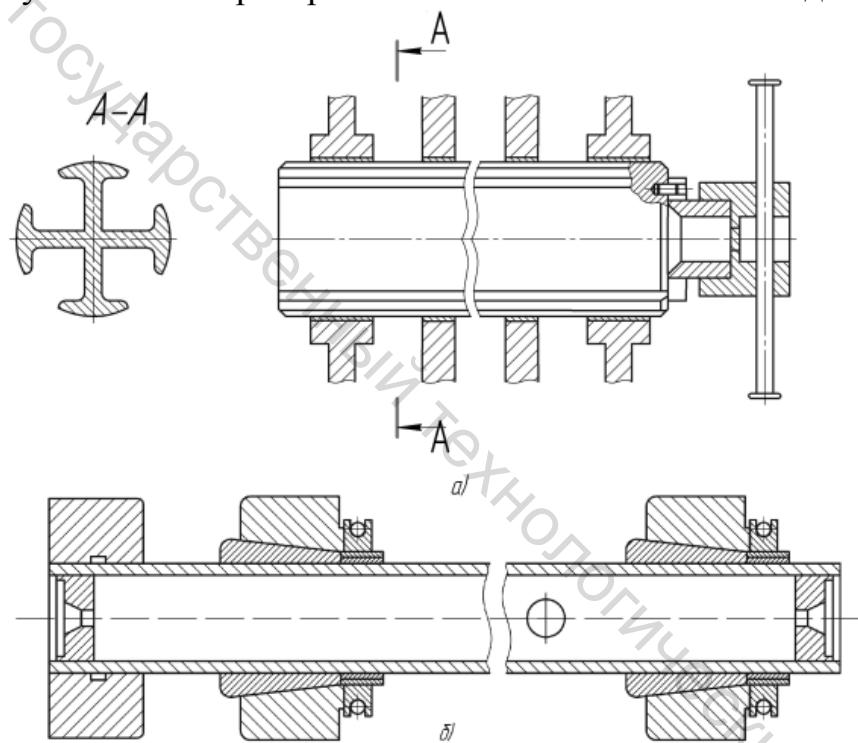


Рисунок 1.16 – Проверка соосности подшипников:
а – многоопорного вала; б – сборного макетного вала

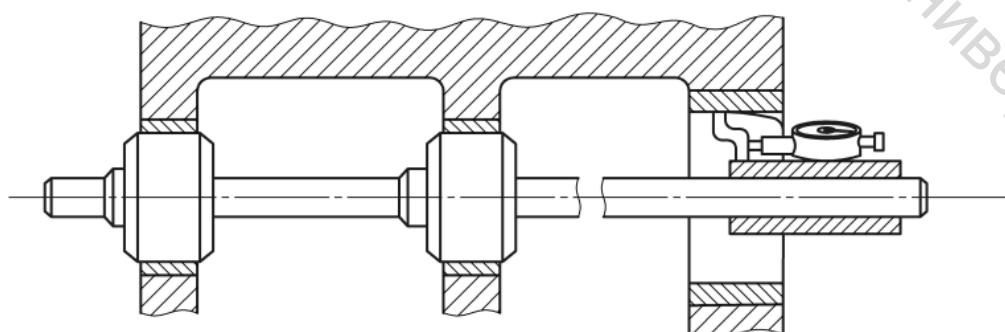


Рисунок 1.17 – Схема проверки соосности подшипников в сборочных единицах повышенной точности

1.3.3 Сборка подшипников скольжения на валу и укладка вала в подшипники

Сборка подшипников скольжения на валу. В мелкосерийном производстве сборку толстостенных подшипников обычно начинают с подгонки их по валу. Толстостенные вкладыши, залитые баббитом, после механической обработки шабрят по шейке вала с проверкой на краску.

Процесс сборки рассмотрим на примере шатунного подшипника (рисунок 1.18).

Сборку шатунов быстроходного многоцилиндрового двигателя начинают с их подбора по массе, которую обычно обозначают на стержне шатуна; допускают разность в массе комплекта шатунов для современных автотракторных двигателей от 15 до 40 г. Подобранные шатуны клеймят номером двигателя и номером цилиндра.

Перед сборкой подшипника необходимо проверять, чтобы регулировочные прокладки были чистыми, ровными и гладкими. Крепежные болты должны входить в отверстия подшипника плотно, без качки или даже под легкими ударами медного молотка. Пригонку подшипника производят следующим образом: шейку вала, по которой ведут подгонку, смазывают тонким слоем краски (обычно лазури); на шейке устанавливают шатун с регулировочными прокладками и затягивают болты; коленчатый вал для получения отпечатков на поверхности трения подшипника несколько раз проворачивают, удерживая шатун за верхнюю головку в вертикальном положении; разобрав после этого шатун и подшипник, приступают к шабрению тех мест на вкладышах, которые хорошо видны по отпечаткам краски. При шабрении вкладыши укрепляют в специальных зажимных приспособлениях (рисунок 1.19). После того как с закрашенных мест будет снят слой баббита, шатун и шейку вала тщательно протирают хлопчатобумажной салфеткой, на шейку наносят новый слой краски, а шатун опять устанавливают на шейке. Эту операцию повторяют до тех пор, пока равномерно распределенные мелкие отпечатки краски составят не менее 75–85 % общей поверхности подшипника. Для подшипников средней точности на площади 25×25 мм число пятен должно быть 12…16, выше средней точности – 16…20 и высокой точности – 20…25.

После подгонки подшипника нижней головки шатун проверяют на отклонение от параллельности осей головок. Схема контрольных приборов, применяемых для этой цели, показана на рисунке 1.20. Проверяемый шатун устанавливают отверстием нижней головки на разжимную оправку 1, а в отверстие верхней головки вставляют оправку 2, которая опирается одной стороной на кольцо 6. По показаниям индикатора (положения 3 и 4) от настроечного показания (положение 5) судят об отклонении от параллельности осей. Для шатунов автотракторных двигателей отклонение от параллельности допускают обычно

не более 0,03...0,04 мм.

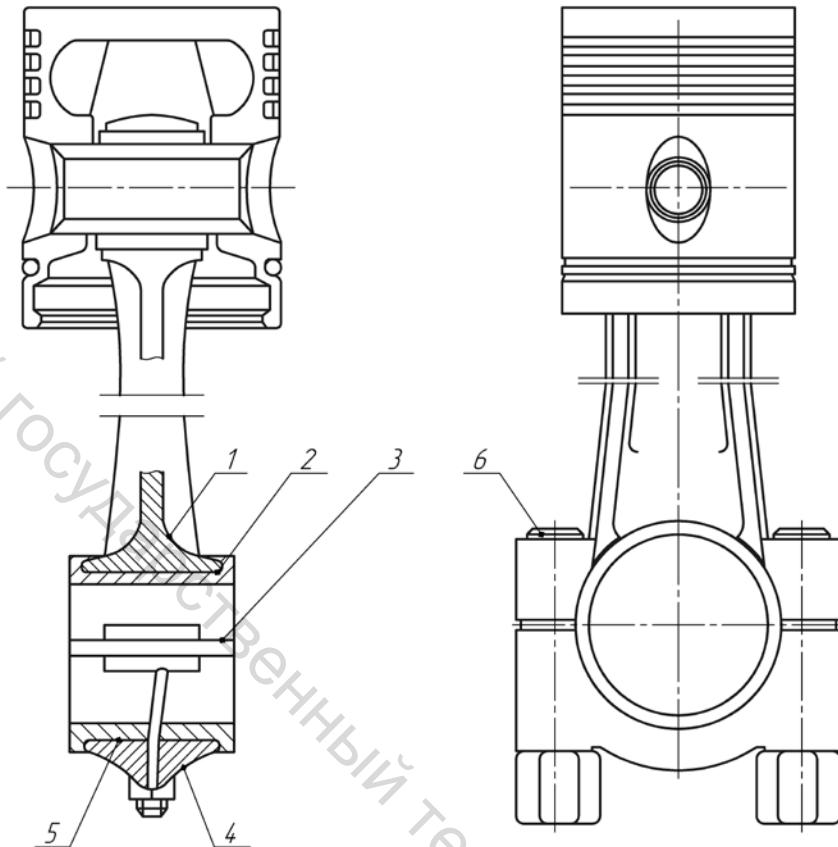


Рисунок 1.18 – Шатунный подшипник с толстостенными вкладышами на шейке вала:

1 – корпус шатуна; 2 и 5 – вкладыши; 3 – регулировочные прокладки;
4 – крышка шатуна; 6 – шатунный болт

Рассмотренная выше технология сборки и пригонки подшипников характерна для мелкосерийного производства. В крупносерийном производстве шатуны быстроходных двигателей поступают обычно на сборку после окончательной обработки. Поэтому операция пришабривания подшипника нижней головки не вызывается необходимостью. Если же шатун имеет тонкостенный подшипник, то какая-либо пригонка его при сборке вообще запрещается. Для получения требуемого по техническим условиям сопряжения коленчатые валы в зависимости от диаметров шеек сортируют на две-три размерные группы; на такое же число групп сортируют и шатуны по диаметру отверстия подшипника. Комплектуя при сборке валы и шатуны соответствующих групп, получают нужный масляный зазор в подшипнике.

Укладка вала в подшипники. Перед укладкой вала необходимо проверить правильность установки вкладышей в корпусе и крышках подшипников. Вкладыши должны плотно прилегать к поверхности постелей. Штифты, удер-

живающие их от проворачивания, не должны выступать над поверхностью трения. Очень важно перед сборкой проверить незагрязненность (чистоту) всех деталей, а также комплектность вала и вкладышей.

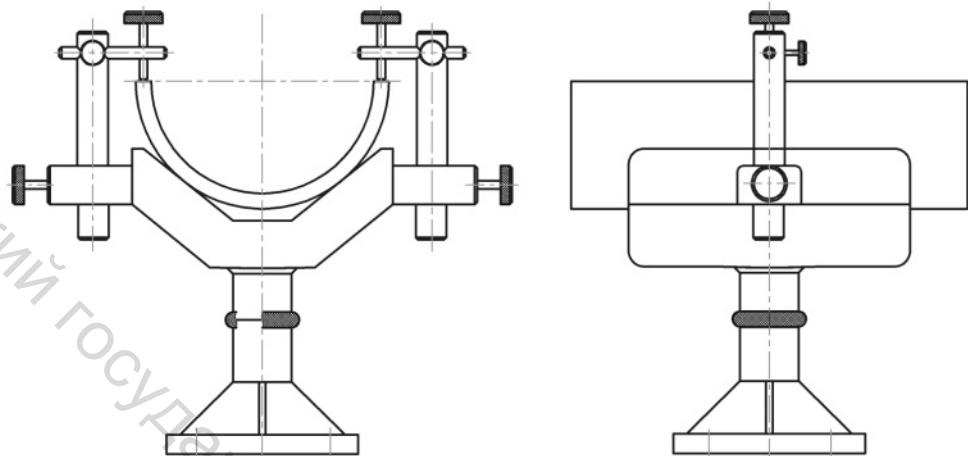


Рисунок 1.19 – Приспособление для зажатия вкладышей подшипников при шабрении

Если подшипники требуют при сборке пригонки, то укладку вала начинают с проверки прилегания его шеек к вкладышам (раздельно к нижним и верхним). С этой целью вначале нижние вкладыши устанавливают в корпус и закрепляют прижимами (рисунок 1.21). Далее внимательно осматривают шейки вала, протирают их чистой хлопчатобумажной салфеткой, а затем смазывают легким слоем краски. Вал укладывают на подшипники одновременно всеми шейками. Уложенный вал провертывают на два-три оборота, затем поднимают и проверяют состояние отпечатков краски на вкладышах. Следы краски должны быть равномерно распределены на всех вкладышах. После этого вкладыши протирают, прижимы снимают, вал со смазанными краской шейками вновь укладывают в подшипники и устанавливают крышки с вкладышами.

После окончательной подгонки подшипников промывают вал и вкладыши в специальных моечных установках или в ванне, прочищают масляные отверстия, обдувают поверхности сжатым воздухом. Последовательность укладки вала в подшипники с тонкостенными вкладышами следующая. Подбирают комплекты вкладышей с учетом размеров шеек вала. Затем вкладыши монтируют в постели, обращая внимание на плотность прилегания, а также на положение в канавках фиксирующих усов. Далее обдувают все поверхности воздухом, смазывают вкладыши и шейки вала тонким слоем масла, укладывают вал в подшипники, устанавливают крышки и затягивают гайки. Последние часто также не обезличиваются, а как и крышки маркируются при механической обработке.

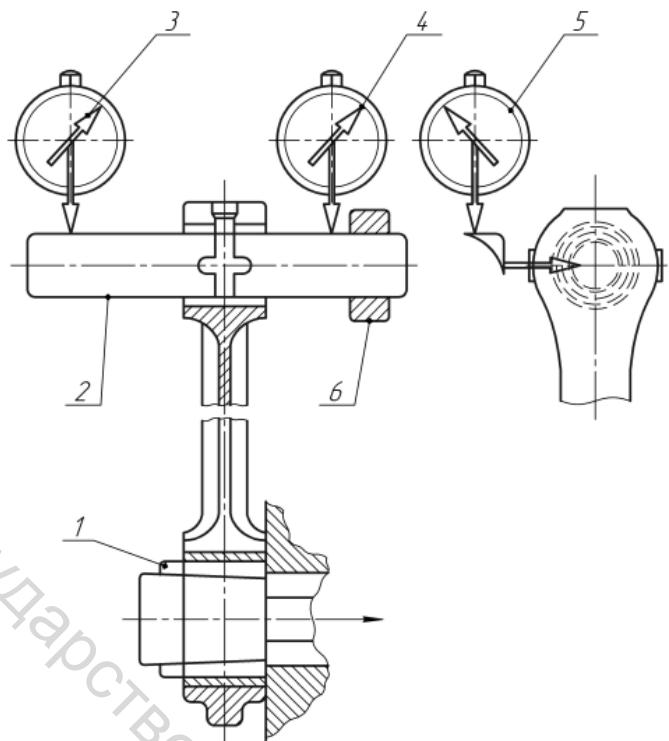


Рисунок 1.20 – Проверка отклонения от параллельности осей головок шатуна

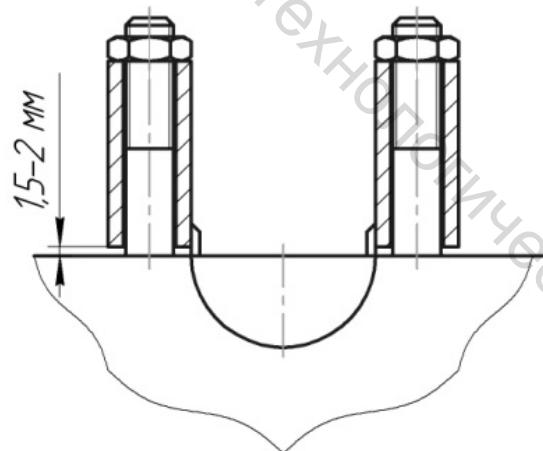


Рисунок 1.21 – Фиксация вкладышей при укладке вала

Степень затяжки подшипников можно проконтролировать косвенно по крутящему моменту, необходимому для проворачивания вала. С этой целью вал слегка поворачивают рычагом, закрепленным на фланце, или приспособлением с цанговым захватом. Рычаг при этом должен быть определенной длины, которая указывается в технических требованиях на сборку.

Для более точного определения момента, требуемого для проворачивания вала, используют динамометрические устройства.

Зазор можно определить при помощи свинцовой проволоки. Для этой

цели отрезки мягкой свинцовой проволоки диаметром превышающим возможный зазор на 0,2...0,3 мм и более, закладывают в нескольких местах между вкладышем и шейкой вала (с₁ и с₂ рисунок 1.22) и по разъему вкладышей а₁, а₂, b₁, b₂ на уровнях I и II. Проволоки слегка смазывают маслом. После этого крышку подшипника затягивают гайками. Проволоки при этом деформируются, толщина образовавшихся пластинок будет характеризовать зазоры в местах установки проволок.

Кроме радиальных зазоров, большое влияние на работоспособность вала и подшипников оказывают осевые зазоры, в пределах которых возможно перемещение вала вдоль его оси. Осевые зазоры обычно проверяют щупом или индикатором при крайних смещениях вала по его элементам.

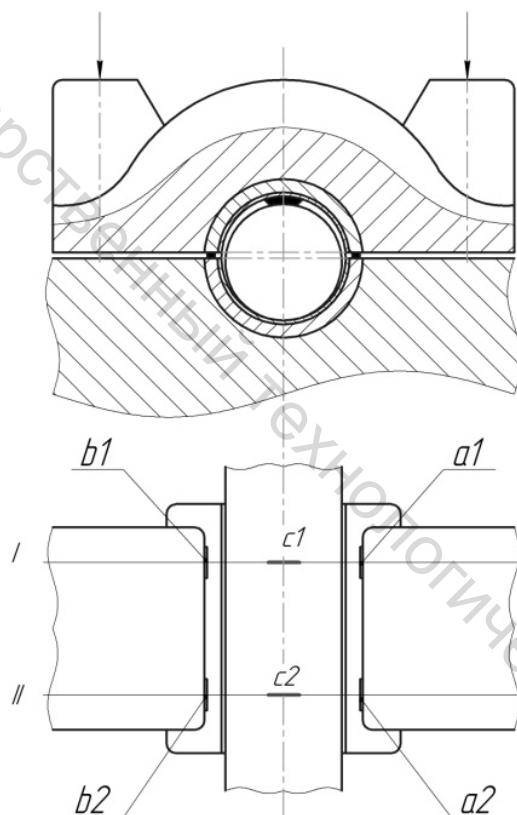


Рисунок 1.22 – Схема проверки масляного зазора свинцовыми проволоками

1.3.4 Сборка узлов с подшипниками качения

Некоторые виды соединений подшипников качения с валом и корпусом, учитывающие действие осевых сил, приведены на рисунках 1.23 и 1.24.

В первом случае (рисунок 1.23 а) подшипник удерживается на валу за счет натяга. В сборочных единицах, выполненных по рисунку 1.23 б, после посадки подшипника в канавку вала вставляется разрезное пружинное кольцо. На

рисунке 1.23 *в* осевому смещению подшипника препятствует втулка, прижимаемая гайкой или муфтой. Распространенные способы крепления подшипников посредством резьбы показаны на рисунке 1.23 *г, д*.

Крепления подшипников в корпусе (рисунок 1.24 *а, в, д, е*) применяют как для разъемных, так и для неразъемных корпусов. Подшипники монтируют в корпус обычно после установки их на валу. На рисунке 1.24 *г* показано крепление подшипниковой сборочной единицы в разъемном корпусе; ограничительное кольцо и крышку можно установить при сборке в канавках лишь при наличии диаметрального разъема. Конструкции, показанные на рисунке 1.23 *б*, жс обычно применяют при неразъемных корпусах.

Так как кольца подшипников имеют малую жесткость, очень важно при сборке не допустить их перекоса. Поэтому, устанавливая подшипники на валу или в корпусе, следует использовать торцы колец как базы, добиваться плотного контакта колец с буртиками вала, корпуса или промежуточной детали.

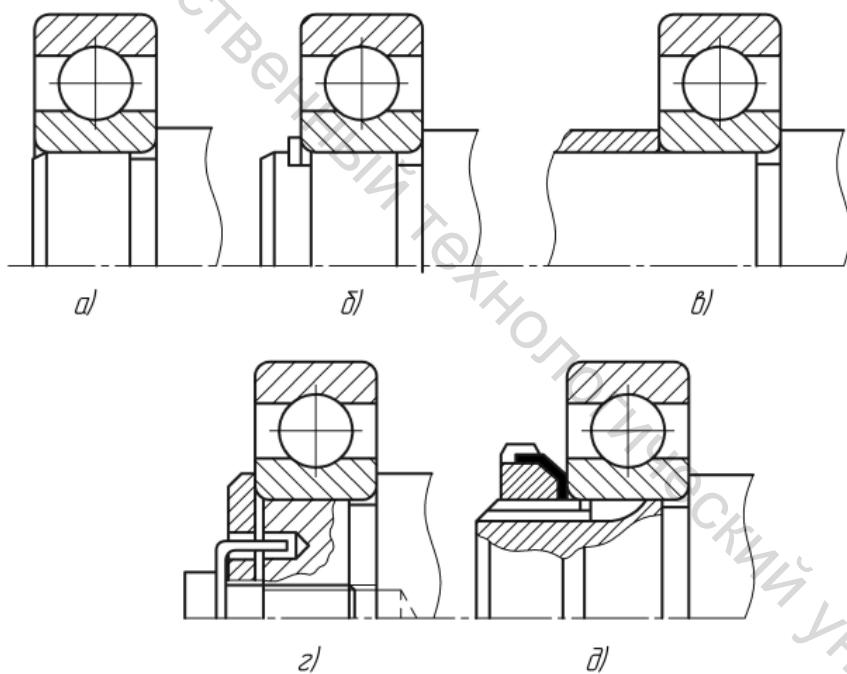


Рисунок 1.23 – Установка подшипников качения на валах

Для осуществления надежного сопряжения подшипника с валом и корпусом посадочные места должны быть обработаны (быть чистыми, гладкими, без рисок, задиров и коррозионных пятен). Шероховатость посадочных поверхностей для высокоточных подшипников должна соответствовать $K_a = 1,25 - 0,32$ мкм, для менее точных $K_g = 20$ мкм, $K_a = 1,25$ мкм, а торцов заплечиков валов и корпусов $K_g = 20$ мкм, $K_a = 1,25$ мкм.

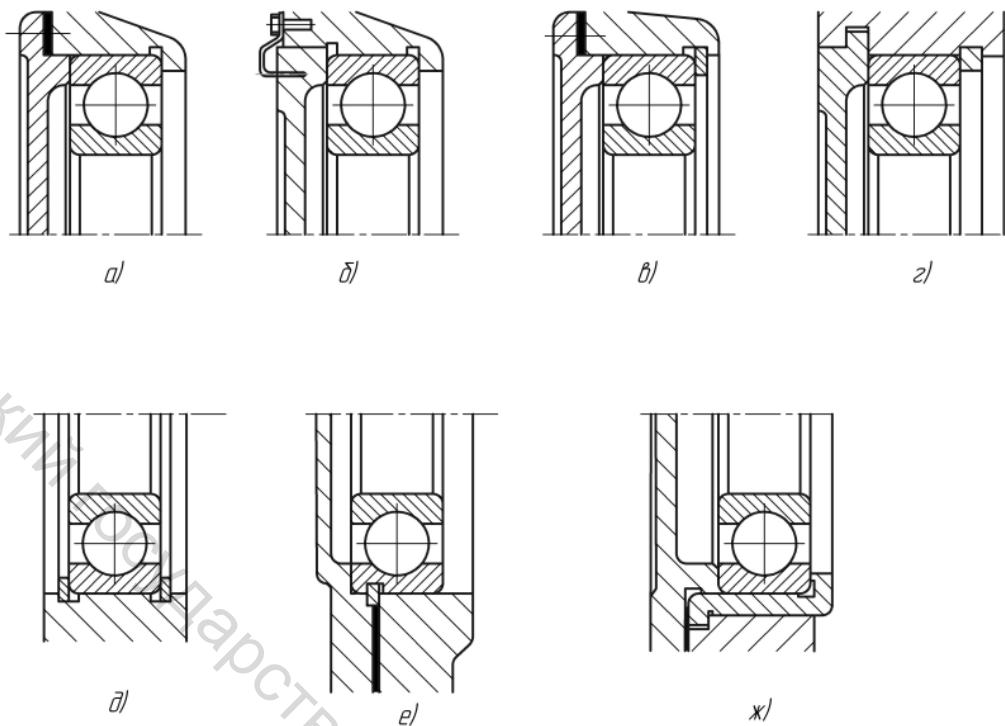


Рисунок 1.24 – Установка подшипников качения в корпусе

Сборку сборочной единицы вал – подшипник качения осуществляют следующим образом. Подшипник тщательно промывают в 6%-ном растворе масла или в горячих (75...85 °C) антикоррозионных водных растворах. В хорошо промытом подшипнике наружное кольцо легко и равномерно вращается. Проверку ведут, удерживая подшипник за внутреннее кольцо в горизонтальном положении.

Обычно температура нагрева подшипников при сборке назначается в пределах 60...100 °C. Подшипники целесообразно нагревать в электроварне с точным контролем температуры масла. Нагретый подшипник устанавливают на вал и доводят до места небольшим осевым усилием. При этом сторона подшипника, на которой нанесено заводское клеймо, должна быть снаружи.

Операцию напрессовки необходимо обязательно осуществлять с применением оправок. Наносить удары непосредственно по подшипнику нельзя, так как при этом могут быть повреждены кольца, поломаны шарики и т. д.

Оевые силы, требуемые для установки подшипников качения, должны прикладываться только к тому кольцу, которое при данной операции сопрягается с базовой деталью. Если вал имеет небольшую длину и малую массу, напрессовывать подшипник можно, прикладывая осевые усилия к валу (рисунок 1.25 а). Чтобы не повредить торец, его закрывают специальной накладкой 1; подшипник упирается в кольцо 2. Этот способ неприменим, если напрессовка ведется ударами и вал имеет большую массу или малую жесткость. Если подшипник одновременно монтируется на вал и в корпус, то усилия передаются на

торцы обоих колец (рисунок 1.25 *б*).

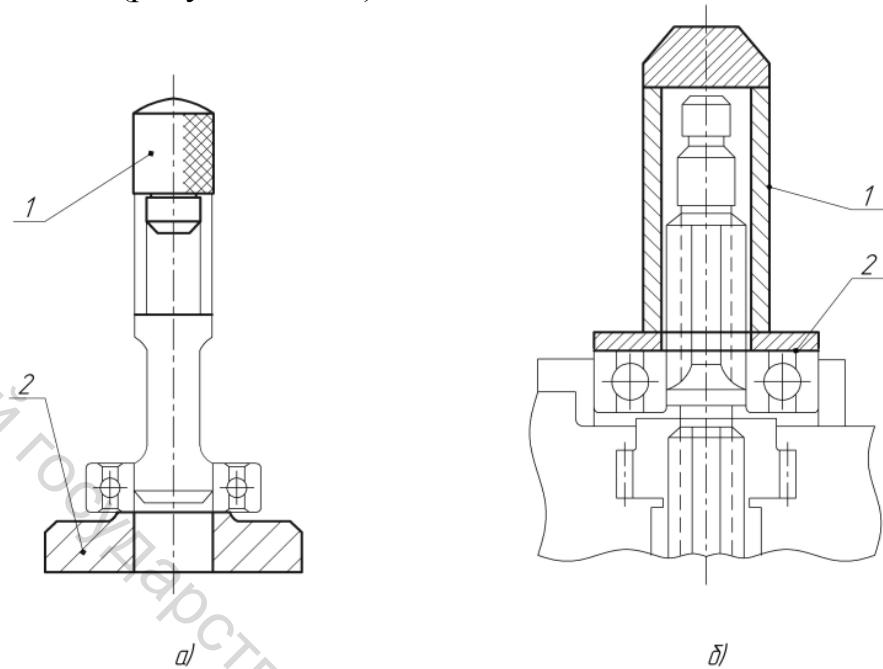


Рисунок 1.25 – Схемы установки подшипников качения на валу и в корпусе

Напрессовывая подшипник на вал, конец которого имеет резьбу, целесообразно использовать ее для закрепления приспособления (рисунок 1.26). Если для напрессовки требуются значительные силы, то применяют стационарные пневматические или гидравлические прессы или же переносные гидравлические приспособления (рисунок 1.27). При этом корпус 2 закрепляют на валу посредством переходной втулки 1. Сила напрессовки создается поршнем 3, когда в пространство А нагнетается ручным насосом 4 масло из резервуара 5. Для спуска масла служит кран 6.

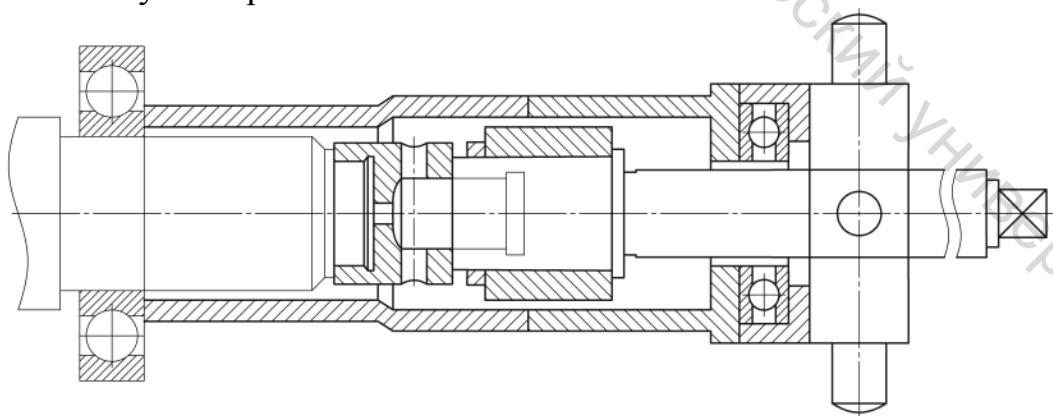


Рисунок 1.26 – Напрессовка подшипников качения на вал с помощью винтового приспособления со сменными деталями

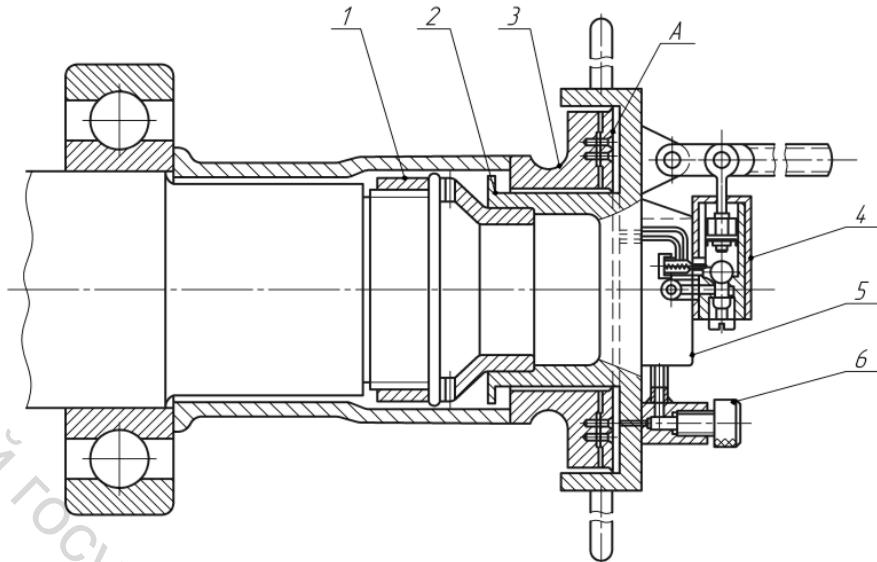


Рисунок 1.27 – Напрессовка крупногабаритного подшипника качения с помощью гидравлического приспособления

Для напрессовки крупногабаритных подшипников качения удобно применять так называемые гидравлические гайки 1 (рисунок 1.28 *а*), навернутые на резьбу вала или закрепленные торцовым винтом. Масло к поршню подается от насосной установки или пневмогидравлического усилителя, в результате чего могут быть созданы значительные силы напрессовки.

Для облегчения установки крупных подшипников на вал применяют гидропрессовый способ монтажа с нагнетанием между сопрягаемыми поверхностями минерального масла. Если при этом подшипник монтируют на цилиндрическую шейку (рисунок 1.28 *б*), то конец ее делают меньшего диаметра, чтобы натяг в сопряжении вала с подшипником здесь составлял примерно 30 % натяга на основной шейке. Это дает возможность резко снизить потребное усилие для установки подшипника вначале. После этого по маслопроводам в зону контакта нагнетается масло под высоким давлением, внутреннее кольцо при этом расширяется и производится окончательная напрессовка подшипника на основную шейку. При этом осевая сила требуется в несколько раз меньшая, чем при обычном способе напрессовки.

После напрессовки подшипника на вал следует убедиться в том, что тела качения не защемлены. Наружное кольцо должно вращаться равномерно, без заедания, с незначительным шумом. Проверяют также плотность соприкосновения торца кольца с буртиком или заплечиком. Плотность прилегания к заплечику, как уже отмечалось, имеет большое значение для нормальной работы кольца. Однако очень важно, чтобы торец заплечика был перпендикулярен к оси посадочной шейки вала.

Численное значение осевого зазора – «осевой игры» значительно больше численного значения радиального зазора. Осевые перемещения наружного

кольца для ряда подшипников могут быть легко ощущимы. Этим часто пользуются, проверяя правильность сборки «на качку» наружного кольца. Однако при необходимости сборки точных подшипниковых сборочных единиц проверять зазоры в подшипнике после его напрессовки следует при помощи индикаторов, показанных на рисунке 1.29.

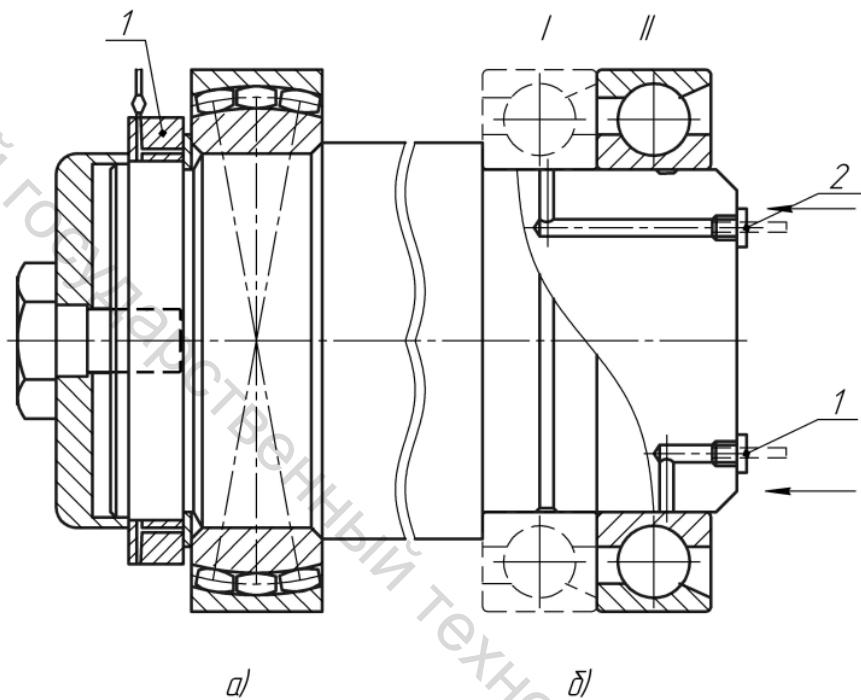


Рисунок 1.28 – Монтаж крупных подшипников качения посредством гидравлической гайки (а) и нагнетания масла в зону контакта (б)

При установке в сборочной единице двух или большего количества шарикоподшипников один из них фиксируют от осевых смещений на валу и в корпусе, остальные необходимо фиксировать только на валу или только в корпусе.

Монтаж конических роликовых подшипников осуществляют обычно раздельно, т. е. внутреннее кольцо с роликами и сепаратором напрессовывают на вал, а наружное кольцо – в корпус. Методы установки внутреннего кольца такие же, как и при монтаже шарикоподшипников на валу. Особенностью сборки является запрессовка наружного кольца в корпус. Радиальный зазор в коническом роликоподшипнике регулируется осевым смещением наружного кольца.

Регулирование зазора в конических подшипниках осуществляют изменением толщины регулировочных прокладок (рисунок 1.30 а), регулировочным винтом (рисунок 1.30 б) или регулировочной гайкой (рисунок 1.30 в и г), создавая, таким образом требуемые зазоры.

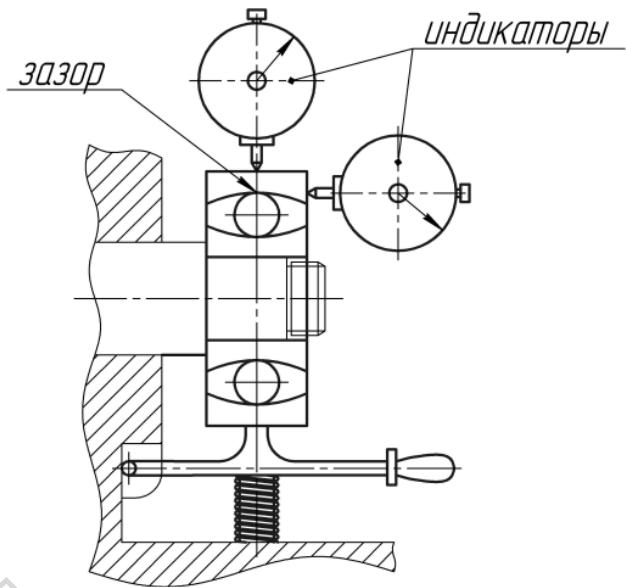


Рисунок 1.29 – Схема проверки зазоров в подшипнике после его напрессовки на вал

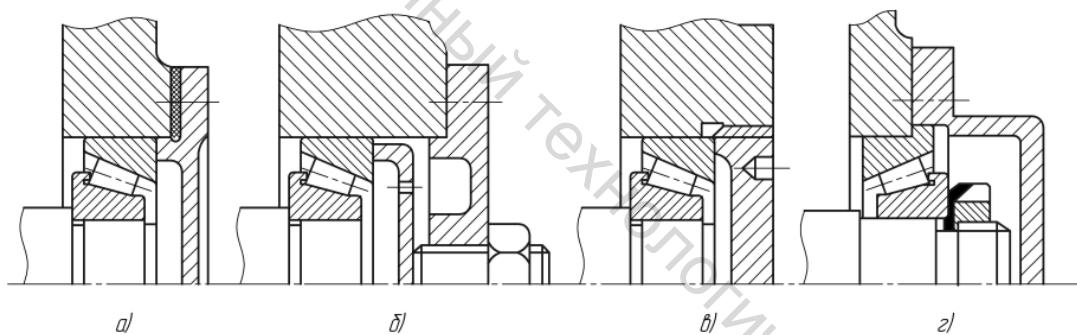


Рисунок 1.30 – Способы регулирования зазора в конических роликоподшипниках

Игольчатые подшипники не имеют сепаратора, перекашивание игл устраняется прилеганием их друг к другу с очень малыми зазорами. Радиальный зазор в игольчатых подшипниках значительно больше, чем у роликовых, – он примерно равен радиальному зазору в подшипнике скольжения такого же диаметра.

Сборку игольчатых подшипников осуществляют в следующем порядке (рисунок 1.31): подача кольца, установка монтажной оси, засыпка игл, установка шайбы и напрессовка колпачка, удаление монтажной оси, транспортировка собранного подшипника. После этого производят контроль монтажной высоты подшипника и проверку игл на проворачиваемость.

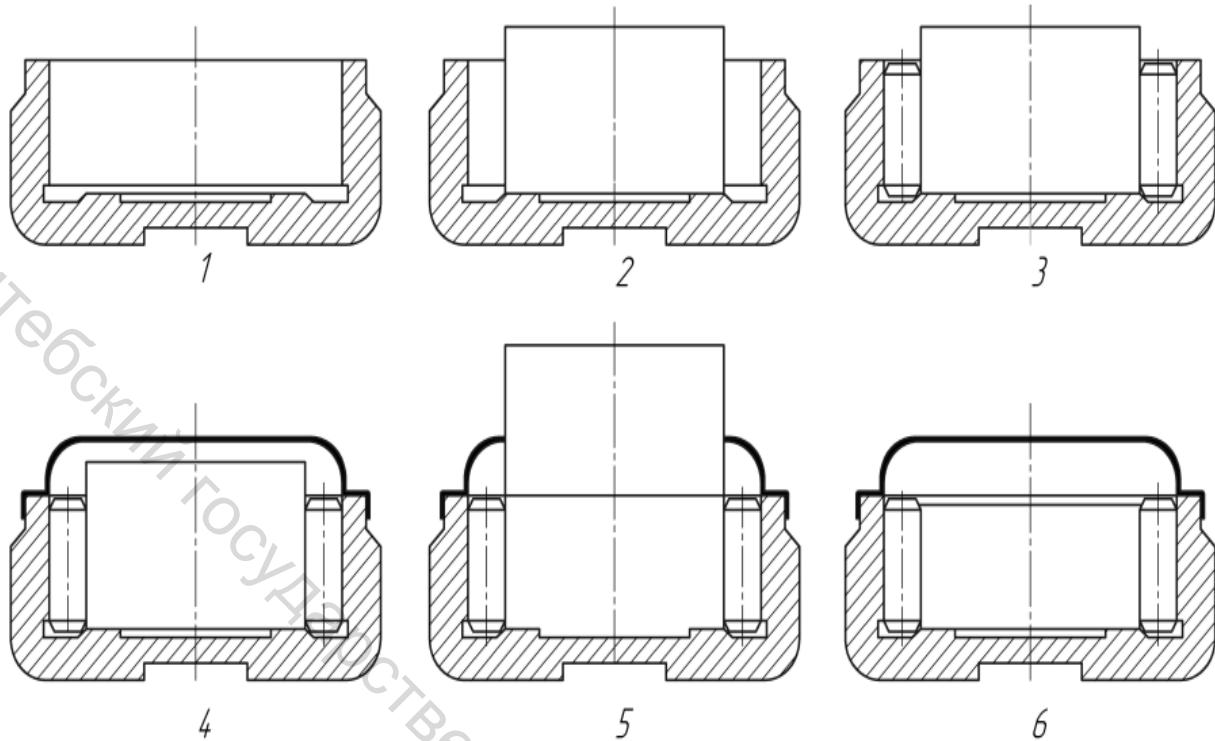


Рисунок 1.31 – Схема сборки игольчатого подшипника:
1–6 – последовательность операций

Подшипники, у которых рабочими поверхностями являются шейка вала и отверстие сопряженной с ним детали, собирают на монтажной оси (рисунок 1.32 *а*), диаметр которой на 0,1...0,2 мм меньше диаметра действительной оси. Чтобы иглы не рассыпались, на поверхность отверстия следует нанести тонкий слой густого смазочного материала, например солидола, (или игольчатые ролики могут быть намагничены). Иглы устанавливают в зазор между осью и втулкой или обоймой последовательно по 2–3 шт. Последняя игла должна входить в подшипник свободно. После того как все иглы собраны и поставлены ограничительные кольца, вставляют на место рабочую ось, которая вытесняет (рисунок 1.32 *б*) монтажную, а иглы и ограничительные кольца остаются на месте.

В некоторых конструкциях игольчатых подшипников предусмотрена возможность регулирования зазора при сборке. В этих случаях после установки определенного количества роликов-игл измеряют суммарный зазор между ними и по этому размеру шлифуют прокладку 1 (рисунок 1.32 *в*) так, чтобы после ее установки в подшипнике был зазор, требуемый по чертежу.

Собранную сборочную единицу проверяют вращением, которое должно быть свободным, без каких-либо заеданий.

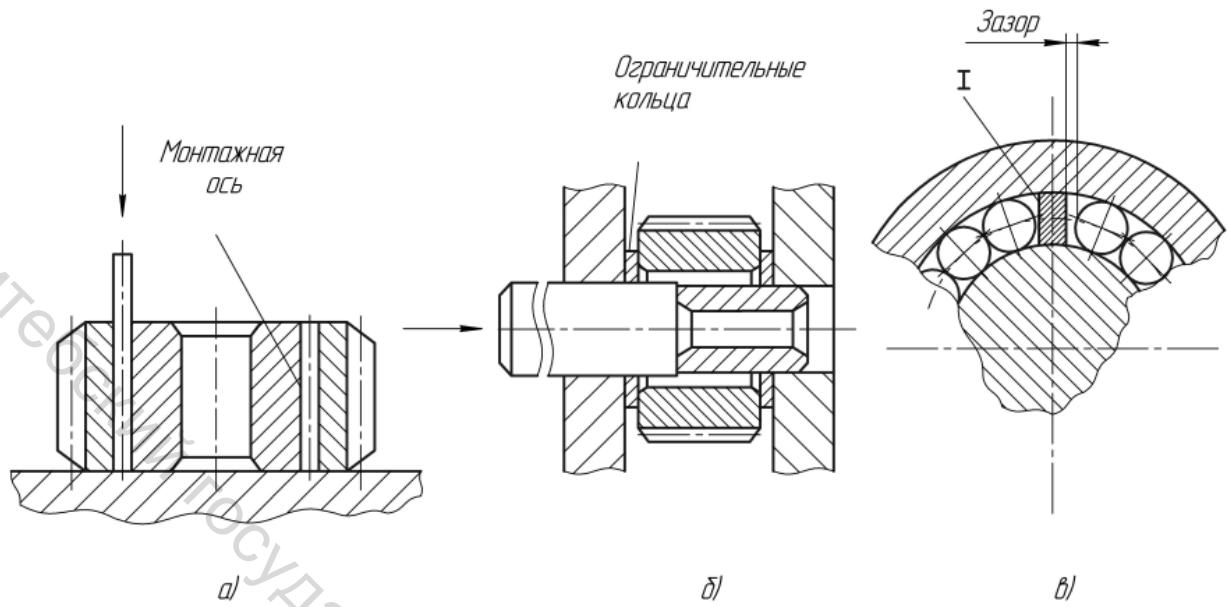


Рисунок 1.32 – Сборка сборочных единиц с игольчатыми подшипниками

1.3.5 Сборка зубчатых и червячных передач

При сборке зубчатых передач выполняют следующие работы: установку зубчатого или червячного колеса на валу; установку валов с колесами в корпусе; сборку сборочной единицы червяка и установку его в корпус; регулирование зацепления.

Цилиндрические зубчатые передачи внешнего зацепления составляют в конструкциях машин и механизмов 75–80 % общего количества передач. Некоторые распространенные способы закрепления зубчатых колес на валах показаны на рисунке 1.33. Наиболее употребительными из них являются первые четыре способа, при этом первый способ – в единичном и мелкосерийном производстве, а второй и третий – в крупносерийном и массовом. Посадки зубчатых колес на центрирующие поверхности вала: $H7/j_s6$ и $H7/k6$ – при легких и средних нагрузках; $H7/m6$ и $H7/n6$ – при средних и тяжелых нагрузках.

Колеса устанавливают прессом или же вручную при помощи специальной мягкой оправки и молотка. Последний способ применяют в мелкосерийном производстве лишь для зубчатых колес малого размера, термически не обработанных, монтируемых с небольшими натягами. Зубчатые колеса большого размера, термически обработанные, а также устанавливаемые со значительными натягами, следует напрессовывать только посредством пресса с применением специальных приспособлений. Примером таких приспособлений могут быть пневматические или гидравлические скобы.

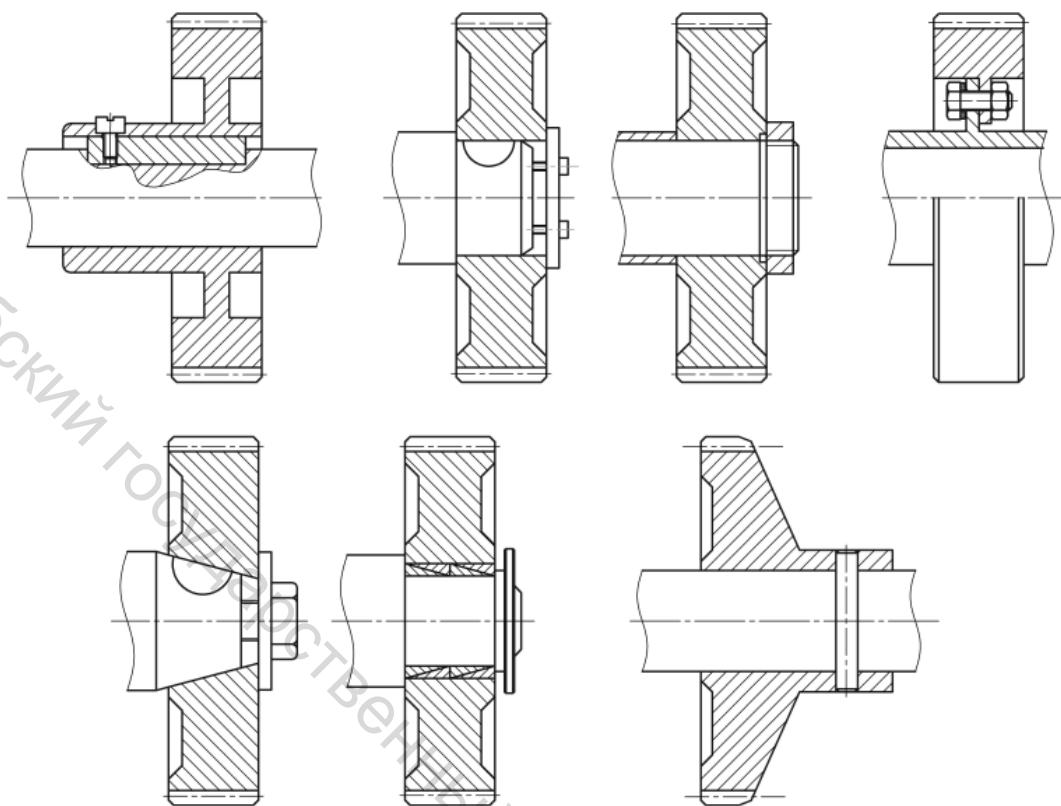


Рисунок 1.33 – Крепление зубчатых колес на валах

При больших диаметрах зубчатых колес целесообразно при напрессовке применять приспособления с направляющими планками или стержнями. В таком приспособлении (рисунок 1.34) зубчатое колесо устанавливают или укрепляют на упорной доске 1, которая движется по направляющим стержням 2. В результате этого осуществляется точное центрирование колеса при запрессовке, особенно в ее начале.

В ряде случаев воспользоваться универсальными прессами не представляется возможным, например, при установке зубчатых колес на длинных валах. Тогда целесообразно для напрессовки применить специальные несложные установки, имеющие привод, от пневматической сети, насосных станций или пневмогидравлических устройств.

Перед напрессовкой зубчатого колеса на вал необходимо обратить внимание на состояние поверхностей отверстия и посадочной шейки вала. Если зубчатое колесо напрессовывается до упора, то фаска на зубчатом колесе должна быть достаточной величины во избежание упора торца его в переднюю поверхность вала.

При напрессовке зубчатых колес возможны следующие погрешности: искажение профиля зубчатого венца, качание зубчатых колес на шейке вала

(рисунок 1.35 *а*), радиальное смещение колеса за счет зазора посадки на вал или биения шейки вала (рисунок 1.35 *б*), перекос колеса на валу (рисунок 1.35 *в*), неплотное прилегание к упорному буртику вала (рисунок 1.35 *г*), перекосы в шпоночных соединениях (рисунок 1.35 *д*).

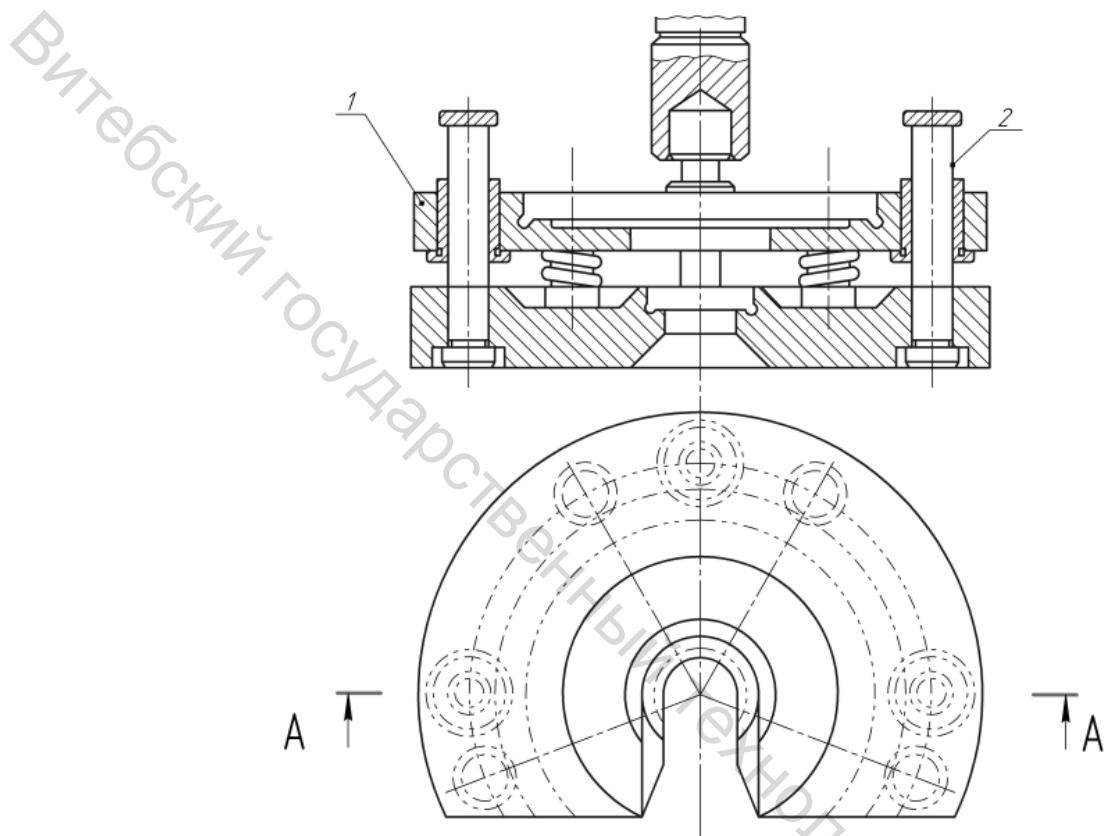


Рисунок 1.34 – Напрессовка зубчатых колес на вал при помощи пресса и приспособления

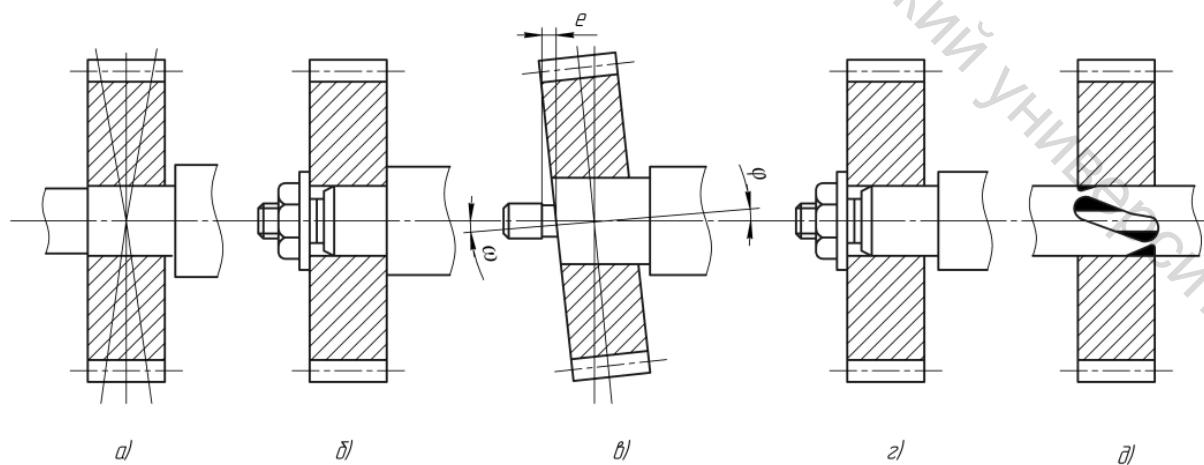


Рисунок 1.35 – Погрешности установки зубчатых колес на валу

Колесо на качание проверяется обстукиванием «мягким» металлическим молотком. Другие виды погрешностей смонтированного на валу зубчатого колеса обнаруживаются при контроле сборочной единицы с помощью индикатора. Для этого вал 1 устанавливают на плите 2 на призмы (рисунок 1.36 *а*) и изменением высоты регулируемой призмы 3 добиваются параллельности оси вала плоскости плиты. После этого сверху между зубьями колеса 4 помещают цилиндрический калибр 5 диаметром 1,68 м (м – модуль), на который устанавливают ножку индикатора 6. Если на приспособлении (см. рисунок 1.36 *а*) предусмотреть упор 7 для вала, то можно индикатором 8 проверять напрессованное зубчатое колесо на биение по торцу. Эту проверку осуществляют также в центрах. При этом контрольное приспособление выполняют в виде точной чугунной плиты 1 (рисунок 1.36 *б*), на которой укрепляют две стойки 2 с центрами. Один центр делают подвижным.

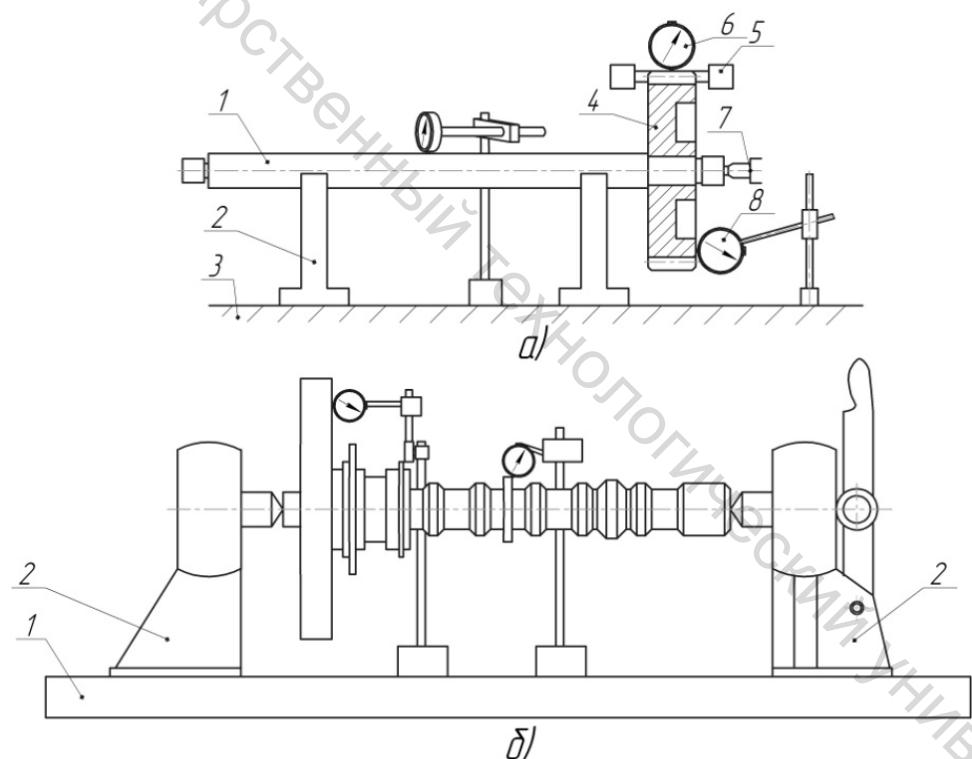


Рисунок 1.36 – Контроль на биение узла «зубчатое колесо – вал»:
а – на призмах; *б* – в центрах

В крупносерийном и массовом производстве распространен метод проверки зубчатого колеса, напрессованного на вал, по эталону. В этом случае проверяемая сборочная единица 6 (рисунок 1.37), установленная во втулке 7, опирается на центр 8. Контролируемое зубчатое колесо вводят в зацепление с

эталонным колесом 4, сидящим на пальце 5.

Последний неподвижно укреплен в ползуне 1, поджимаемом пружиной 3 таким образом, чтобы сцепленные зубчатые колеса были прижаты одно к другому. Упор 2 на ползуне при этом соприкасается с ножкой (шифтом) индикатора 9. При вращении контролируемого зубчатого колеса неточности зацепления вызывают перемещение пальца 5 и ползуна 1, что фиксируется индикатором 9. Одновременно можно контролировать и торцевое биение зубчатого колеса индикатором 10. Рычаг 11 служит для отвода ползуна 1 при установке контролируемой сборочной единицы в приспособление.

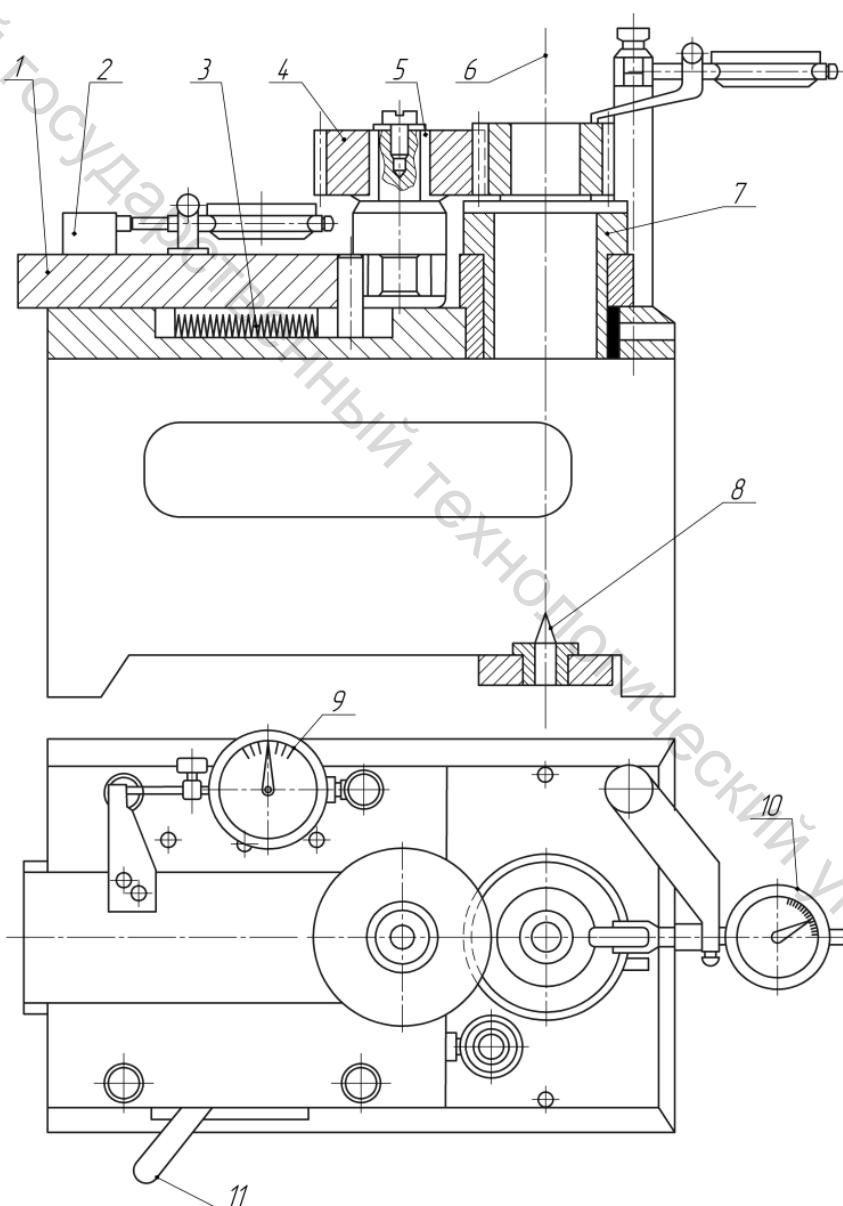


Рисунок 1.37 – Контроль пары «зубчатое колесо – вал» в крупносерийном и массовом производствах

При сборке крупных зубчатых передач большого модуля зазор проверяют путем прокатывания между зубьями свинцовых проволочек (трех-четырех), устанавливаемых по длине зуба. Диаметр проволочек берут равным $(1,4\dots1,5)C_{\text{п}}$, (здесь $C_{\text{п}}$ – боковой зазор по документации). Каждую проволочку смазывают техническим вазелином и в виде П-образной скобки надевают на зуб. Толщину сплющенных частей проволочек с обеих сторон зуба измеряют микрометром или индикатором. В сумме это и дает фактическое значение бокового зазора $C_{\text{п}}$. Одновременно могут быть проконтролированы также отклонение от параллельности и перекос осей.

Чтобы убедиться, что в зацеплении имеется зазор, иногда между зубьями колес «прокатывают» полоску чистой писчей бумаги. Отсутствие разрывов на ней свидетельствует о наличии зазора.

Правильность зацепления можно проверить визуально по пятнам контакта и расстоянию А между осями зубчатых колес (рисунок 1.38).

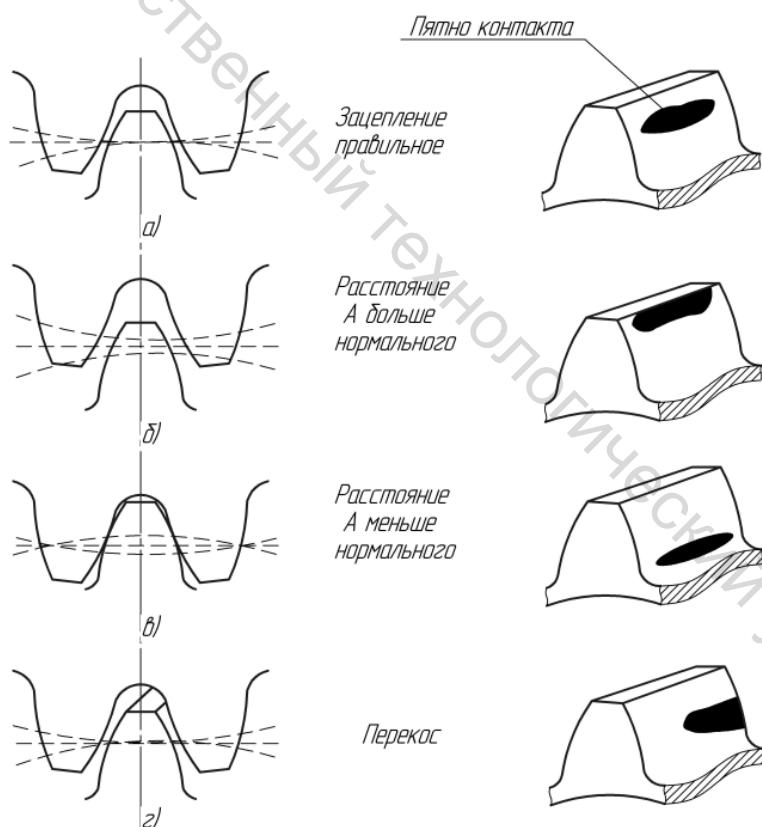


Рисунок 1.38 – Правильное и неправильное зацепления зубчатых колес при сборке

Более точно зазор в зацеплении можно проверить при помощи специальных приспособлений (рисунок 1.39). На валу одного из зубчатых колес ук-

репляют поводок 1 длиной L , конец которого упирается в ножку индикатора 3, устанавливаемого на корпусе или плите. Если второе зубчатое колесо удерживать от вращения, а поводок слегка поворачивать в том или другом направлении, то поворот будет возможен лишь на величину зазора в зубьях. Зазор может быть определен также по показанию индикатора 2, приведенному к радиусу R начальной окружности. В некоторых приспособлениях индикатор 3, заключенный в коробку, закрепляют винтом или струбциной на корпусе сборочной единицы так, чтобы выступающий конец рычага опирался на один из зубьев колеса. Затем, также покачивая колесо, можно определить зазор в зацеплении.

Плавность хода обычно определяют, проворачивая собранный механизм от руки, но лучше для этой цели употреблять динамометры, динамометрические ключи или специальные «упругие» ключи. Один из них показан на рисунке 1.40. Упругий стержень 1 при проворачивании зубчатого колеса изгибаются; при этом стрела прогиба пропорциональна прикладываемому крутящему моменту. Прогиб стержня 1 контролируется индикатором 2. Следовательно, легкость вращения может характеризоваться величиной момента. Такой ключ создает момент до 35 Н·м. Зацепляющиеся колеса должны вращаться плавно, без толчков.

Если зазор в зацеплении не соответствует требованиям технических условий или же зубчатые колеса вращаются не плавно, заклиниваясь при различных положениях, то сборочную единицу разбирают, колеса притирают (в крупных передачах зубья нередко шабрят) или подбирают новую пару и опять производят сборку.

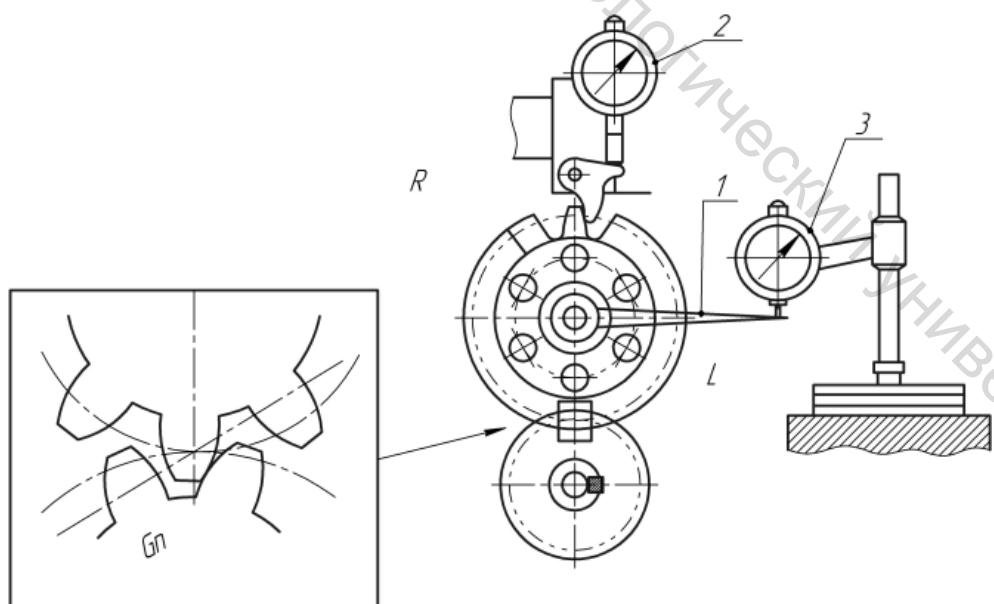


Рисунок 1.39 – Схемы контроля зазора в зацеплении зубчатых колес

Зацепления зубчатых колес проверяют также на краску, причем действующим стандартом (ГОСТ 1643 – 72) установлены нормы контакта парных колес в передаче. При вращении меньшего колеса, зубья которого покрыты тонким слоем лазури, на боковой поверхности зубьев парного колеса располагаются следы прилегания, характеризуемые относительными размерами контактного пятна по высоте и длине в процентах к соответствующим размерам зуба (за вычетом разрывов пятна).

Основной причиной неприлегания (неправильного пятна краски) зубьев по длине являются обычно отклонение от параллельности и перекос осей отверстий в корпусе или те же погрешности в сборочной единице зубчатое колесо – вал. Однако перекос оказывает намного большее влияние, чем отклонение от параллельности осей. Нарушение контакта зубьев по высоте – обычно результат неправильного их профиля.

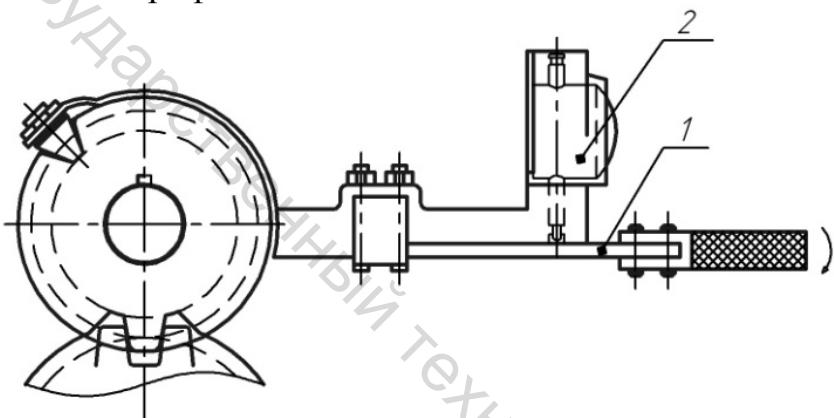


Рисунок 1.40 – «Упругий» ключ для проверки плавности хода зубчатых передач

Контроль на шум осуществляется в специальных камерах шумомерами, улавливающими через микрофон звуки, которые могут быть оценены по шкале в децибелах. В настоящее время имеются конструкции эффективных шумометров, посредством которых на многих заводах осуществляется окончательный контроль высокоскоростных зубчатых передач.

Порядок сборки конических зубчатых колес на валах и проверки собранных сборочных единиц такой же, как и при сборке цилиндрических зубчатых колес.

Сборку червячных передач начинают со сборочной единицы, т. е. при отдельно выполненных зубчатых венцах (рисунок 1.41) – со сборки венца 1 со ступицей 3. Венец напрессовывают с помощью пресса или в приспособлении на ступицу (рисунок 1.41 *a*) в холодном, но чаще в подогретом состоянии до упора в бурт 4. Затем сверлят отверстия и нарезают в них резьбу для стопоров 2, которые ввертывают с последующим раскерниванием. При сверлении отверстий под стопоры оси их смещают на 1–2 мм к оси колеса относительно по-

верхности сопряжения, чтобы исключить увод сверла. После этого колесо проверяют на биение венца в центрах на оправке.

При креплении венца болтами (рисунок 1.41 *б* и *в*) его вначале подбирают по пояску ступицы для обеспечения необходимой посадки. Затем для точных тяжело нагруженных передач венец устанавливают на ступицу так, чтобы центры отверстий под винты совпадали в обеих деталях, и закрепляют тремя временными винтами (рисунок 1.41 *б*). В таком виде проверяют зубчатые колеса на биение. Далее развертывают остальные отверстия, устанавливают в них болты и предельным ключом затягивают гайки. Затем снимают поставленные вначале временные винты, досверливают с рассверливанием и развертывают отверстия, устанавливают и затягивают рабочие болты (рисунок 1.41 *в*).

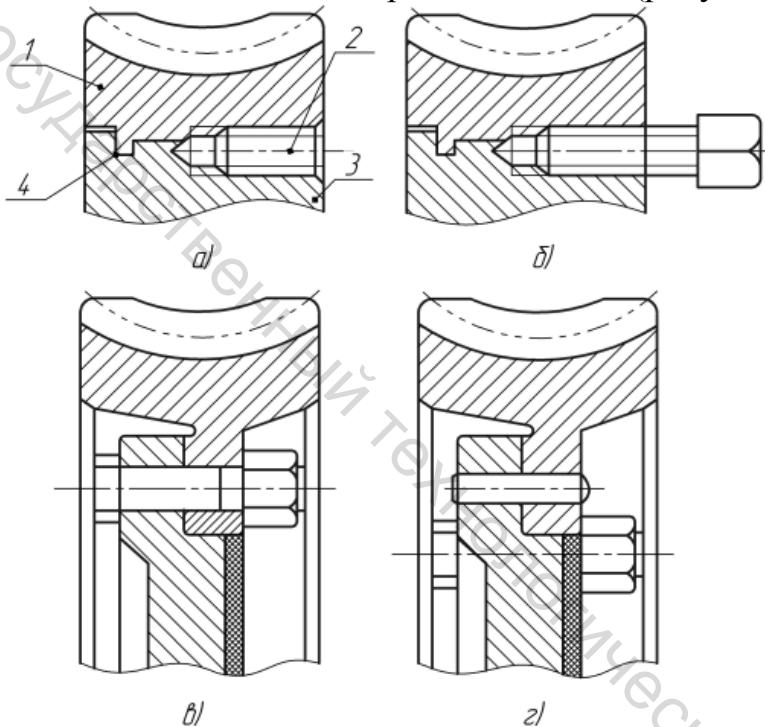


Рисунок 1.41 – Сборка червячных колес

В конструкции, показанной на рисунке 1.41 *г*, после установки венца на ступицу развертывают отверстия под штифты (2–3 шт.) и запрессовывают последние. Болты в этом случае входят в отверстия с зазорами, гайки затягиваются предельным ключом.

Монтаж червячных зубчатых колес на валах и проверку их осуществляют так же, как и в случаях сборки обычных цилиндрических зубчатых колес.

Существенным при сборке червячных передач является обеспечение правильного зацепления червяка с зубьями колеса. Червяк 1 в зацеплении с колесом 2 (рисунок 1.42) имеет возможность сместиться в направлениях трех осей XYZ, а также повернуться относительно тех же осей. При сборке необходимо

стремиться к тому, чтобы значение угла скрещивания осей червяка и зубчатого колеса и межцентрового расстояния соответствовали чертежу, средняя плоскость колеса совпадала с осью червяка, а боковой зазор в зацеплении соответствовал техническим требованиям.

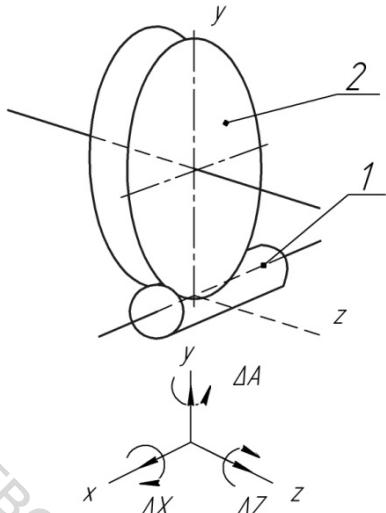


Рисунок 1.42 – Схема червячной передачи

Важным фактором, характеризующим работоспособность червячной передачи, является совпадение оси червяка со средней плоскостью колеса. Кратчайшее расстояние между средней плоскостью червячного колеса и общей нормалью к осям червяка и колеса в собранной передаче характеризует собой смещение средней плоскости колеса.

Смещение средней плоскости колеса может быть проконтролировано по пятну контакта. Последнее представляет собой часть боковой поверхности зуба червячного колеса, на которой располагаются следы краски при сопряжении его с парным червяком, после вращения передачи при легком торможении. Краску наносят на винтовую поверхность червяка, после чего он вводится в зацепление с зубчатым колесом. Последующим медленным поворотом червяка получают отпечатки на зубьях червячного колеса (рисунок 1.43), по характеру которых судят о качестве зацепления.

При правильном зацеплении краска должна покрывать поверхность зуба червячного колеса не менее чем на 60–70 % по длине и высоте.

В собранном червячном зацеплении контролируют величину бокового зазора между сопряженными боковыми поверхностями витка червяка и зубьев колеса, обеспечивающего свободный поворот червячного колеса при неподвижном червяке. Этот зазор определяется в линейных величинах по нормали к боковым поверхностям.

Непосредственно измерить этот зазор весьма трудно. Обычно его определяют по углу свободного поворота червяка при закрепленном червячном ко-

лесе.

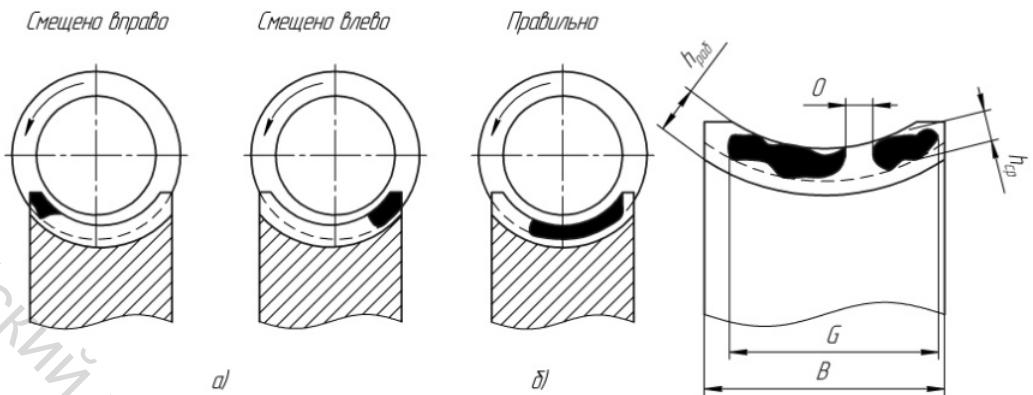


Рисунок 1.43 – Виды отпечатков на зубьях червячного колеса при проверке зацепления на краску

В малогабаритных же точных передачах, где боковой зазор весьма мал, свободный поворот червяка определяют индикаторами 2 и 4 и рычагами 1, 3 по схеме, показанной на рисунке 1.44.

Собранные зубчатые и червячные передачи в целях приработки труящихся поверхностей, контроля сборки и проверки в условиях, близких к эксплуатационным, подвергают обкатке под нагрузкой.

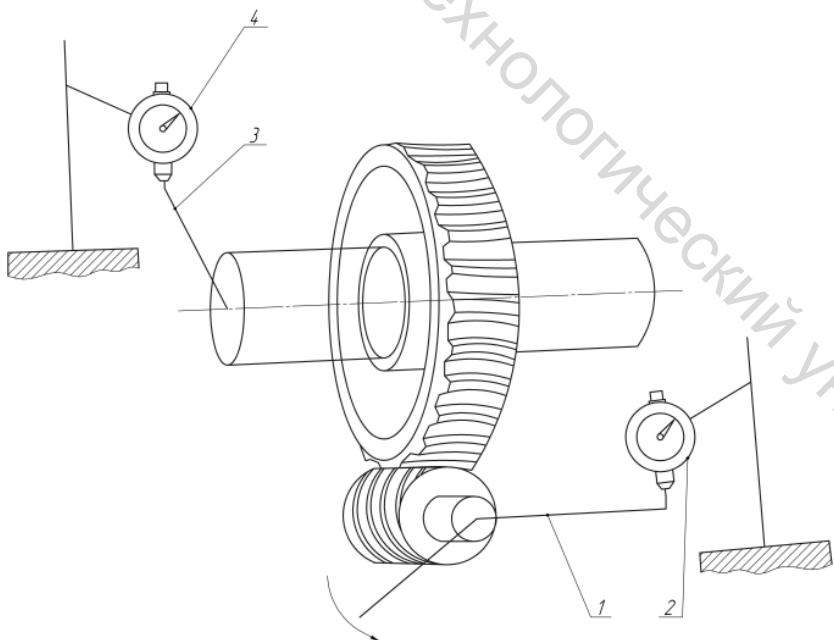


Рисунок 1.44 – Схема измерения бокового зазора в червячном зацеплении

1.3.6 Сборка маховиков и шкивов с валами

Наиболее распространены следующие способы крепления маховика или шкива на валу: на конусе и шпонке (рисунок 1.45 *а*), на цилиндрической шейке при помощи призматической (рисунок 1.45 *б*) или клиновой (рисунок 1.45 *в*) шпонки, на фланце вала (рисунок 1.45 *г*).

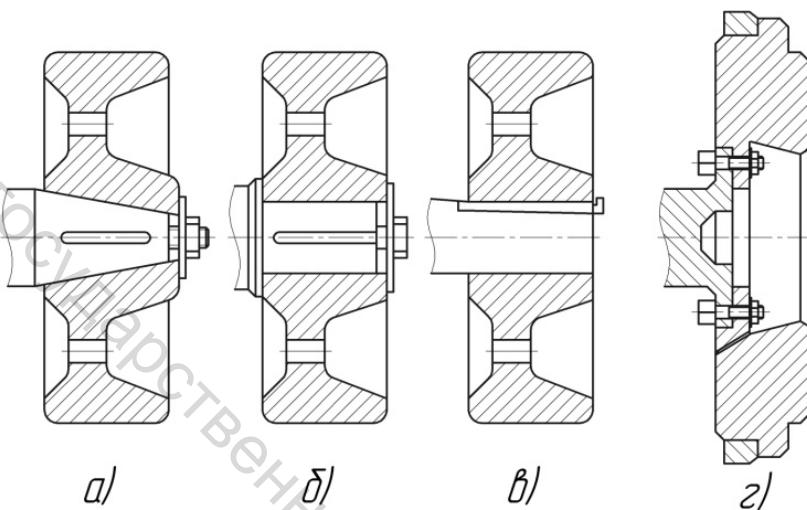


Рисунок 1.45 – Закрепление маховиков на валах

Маховик или шкив, базирующийся на цилиндрической поверхности (рисунок 1.45 *б*), напрессовывают на хвостовик вала с небольшим натягом при помощи специального приспособления, выполненного по схеме, показанной на рисунке 1.46. Винт 1 этого приспособления ввертывают или каким-либо другим способом закрепляют в вале. Осевое давление для напрессовки создают вращением гайки 2. Намного упрощается и облегчается процесс установки маховика при использовании гидравлических приспособлений.

Маховики и шкивы часто устанавливают на валах с помощью переносных пневмогидравлических скоб или специальных стационарных прессов.

При напрессовке ступицы особое внимание должно быть обращено на правильность расположения шпоночных канавок и плотность посадки шпонки. Чтобы шпоночные канавки вала и ступицы совпали, при напрессовке применяют ложную направляющую шпонку, которую затем вынимают и заменяют настоящей шпонкой, забиваемой ударами медного молотка со стороны торца вала. Конец шпонки должен быть заподлицо со ступицей или же закрыт предохранительным колпаком.

Однако более распространено крепление маховика на фланце вала (рисунок 1.45 *г*). Маховик в этом случае центрируют на цилиндрической поверхности фланца, который входит в выточку с зазором, и крепят болтами, плотно

входящими в отверстия фланца с небольшим зазором (0,04–0,1 мм) в отверстия маховика. Ступица маховика должна плотно прилегать к торцу фланца вала. Местные зазоры в стыке должны быть не более 0,05 мм.

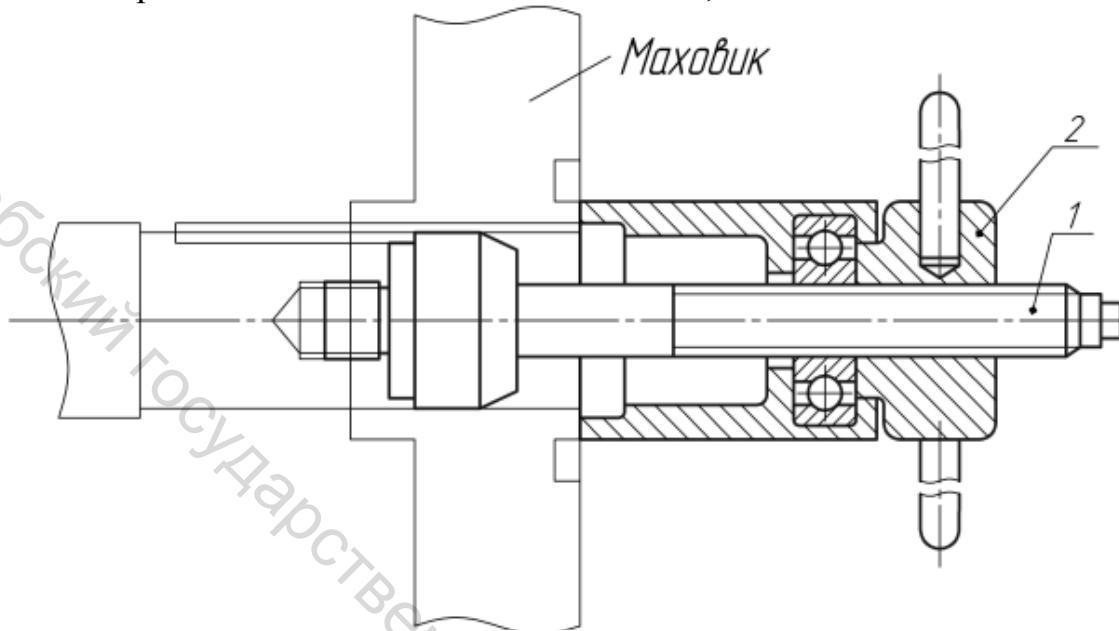


Рисунок 1.46 – Приспособления для монтажа маховиков и шкивов – винтовое

Окончательную установку маховика на фланце осуществляют обычно после того, как вал уложен в подшипники корпуса. В этом случае маховик охватывается специальной схваткой (рисунок 1.47) для поднятия и в вертикальном положении подводится к фланцу вала (это приспособление может быть применено при установке крупных шкивов). Благодаря опорным роликам, имеющимся на схватке, маховик можно свободно вращать и достичь таким образом совпадения отверстий под болты на ступице с двумя болтами, вставленными предварительно в отверстие фланца вала. После этого устанавливают остальные болты, и все гайки равномерно затягивают и стопорят.

После закрепления маховика (шкива) на валу проверяют сборочную единицу на радиальное и торцевое биение. Вал при этом устанавливают на призмах или в центрах. Допустимое биение маховиков и шкивов определяется конструктивными требованиями, но ориентировочно можно принять для радиального биения (0,00025 – 0,0005)D для торцевого (0,0005 – 0,001)D, где D – диаметр маховика или шкива.

Технологический процесс сборки оформляется на картах стандартной формы. Пример оформления ТП на сборочную единицу «Вал распределительный в сборе» представлен ниже.

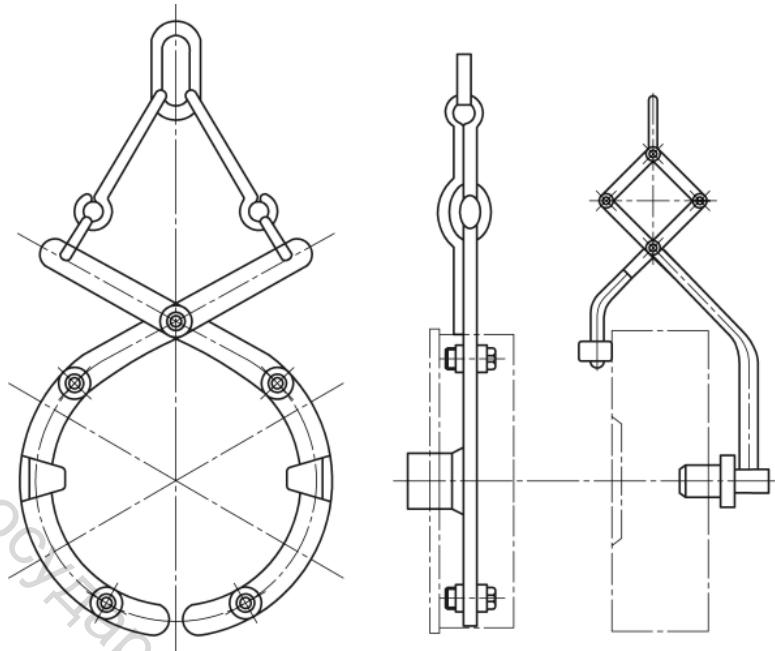


Рисунок 1.47 – Приспособления для удержания маховиков или шкивов при их установке на вал

В сборочных процессах следует контролировать правильность назначения посадок. Предпочтительные посадки по ГОСТ 25347-82 представлены в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Предпочтительные посадки для номинальных размеров 1...500 мм

Система отверстия				Система вала			
Посадка с зазором		Переходные посадки	Посадки с натягом	Посадка с зазором		Переходные посадки	Посадки с натягом
H7/e8	H7/f7		H7/j _s 6	H7/p6	F8/ h6	H7/h6	J _s 7/h6
H7/g6	H7/h6	H8/h7	H7/k6	H7/r6	E9/h8	H8/k7	K7/h6
H8/e8	H8/h8	H8/d9	H7/n6	H7/s6	H8/h8	H11/h11	H7/h6
H9/d9	H11/d11	H11/h11					

Посадки с зазором. Скользящие посадки (сочетание отверстия H с валом h) применяют главным образом в неподвижных соединениях при необходимости частой разборки (сменные детали), если требуется легко передвигать или поворачивать детали одну относительно другой при сборке, настройке или регулировании, для центрирования неподвижно закрепляемых деталей.

Посадку H7/h6 применяют: а) для сменных зубчатых колес, например, в станках; б) в соединениях с короткими рабочими ходами (наряду с посадкой H7/g6); в) в соединениях деталей, которые должны легко передвигаться при затяжке; г) для точного направления при возвратно-поступательных перемещениях (например, поршневой шток в направляющих втулках насосов высокого давления); д) для центрирования конусов под подшипники качения.

Посадку H8/h7 используют для центрирующих поверхностей при повышенных требованиях к соосности.

Посадку H8/h8 применяют для неподвижно закрепляемых деталей при невысоких требованиях к точности механизмов, небольших нагрузках и необходимости обеспечить легкую сборку (зубчатые колеса, муфты, шкивы и др., детали, соединяющиеся с валом на шпонке), а также в подвижных соединениях при медленных или редких вращательных и поступательных перемещениях (перемещающиеся зубчатые колеса, зубчатые торцевые муфты).

Посадку H11/h11 используют для относительно грубо центрированных соединений (центрирование фланцевых крышек, фиксация накладных кондукторов), для неответственных шарниров.

Посадка H7/f6 характеризуется минимальным значением гарантированного зазора. Применяется в подвижных соединениях для обеспечения герметичности, точного направления или при коротких ходах (например, клапаны двигателей внутреннего сгорания – ДВС).

Посадку H7/f7 применяют в подшипниках скольжения при умеренных и постоянных скоростях и нагрузках, в том числе в коробках скоростей, центробежных насосах; для свободно вращающихся на валах зубчатых колес; для направления толкателей в ДВС.

H7/e8 применяется в подшипниках при высокой частоте вращения (например, в механизме передач двигателя внутреннего сгорания), при разнесенных опорах при большой длине сопряжения, например, для блока зубчатых колес в станках.

Посадки H8/d9, H9/d9 применяют, например, для поршней в цилиндрах паровых машин и компрессоров, в соединениях клапанных коробок с корпусом компрессора (для их демонтажа необходим большой зазор из-за образования нагара и значительной температуры).

H11/d11 – грубая посадка, применяется для подвижных соединений, работающих в условиях пыли и грязи (узлы сельскохозяйственных машин, железнодорожных вагонов), в шарирных соединениях тяг, рычагов и т. п.

Переходные посадки. Предназначены для неподвижных соединений деталей, подвергающихся при ремонтах или эксплуатации сборке и разборке.

Посадка H7/n6 (типа глухой) дает наиболее прочные соединения. Примеры применения: а) для зубчатых колес, муфт, кривошипов и др. деталей при больших нагрузках, ударах и вибрациях в соединениях, разбираемых обычно только при капитальном ремонте; б) посадки установочных колец на валах малых и средних электромашин; в) посадки кондукторных втулок, установочных пальцев, штифтов. Сборка производится под прессом.

Посадка H7/k6 (типа напряженной) дает незначительный зазор (1...5 мкм) и обеспечивает хорошее центрирование, не требуя значительных усилий для сборки и разборки. Применяется чаще других переходных посадок: для посадки шкивов, зубчатых колес, муфт маховиков (на шпонках), для втулок подшипников и вращающихся на валах зубчатых колес. Для облегчения сборки узла применяют посадку с большим зазором – H7/j6 (типа плотной).

Посадки с натягом. Обеспечивают надежное соединение деталей. Посадку H7/rb применяют при сравнительно небольших нагрузках (например посадка на вал уплотнительного кольца, фиксирующего положение подшипника).

Посадки H7/r6, H7/s6 используют в соединениях без крепежных деталей при небольших нагрузках (например, втулка на головке шатуна двигателя) и с крепежными деталями при больших нагрузках (посадка на шпонке зубчатых колес и муфт, нефтебуровое оборудование).

В приложении А показан пример оформления технологического процесса на сборочную единицу.

2 АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ СБОРКИ

2.1 Теоретические положения автоматической сборки

Сборочное производство характеризуется, сложностью и разнообразием выполняемых операций, высокой трудоемкостью и стоимостью. Трудоемкость сборочных процессов в машиностроении и приборостроении составляет 20...70 % общей трудоемкости изготовления изделий, а уровень их автоматизации в настоящее время не превышает 10...15 %. Необходимость сокращения затрат ручного труда делает проблему автоматизации сборочных операций чрезвычайно важной.

Автоматизация процессов сборки может быть осуществлена либо с помощью специальных сборочных машин, либо с помощью промышленных роботов (ПР). Как в первом, так и во втором случаях построению сборочной машины или применению ПР должны предшествовать глубокий анализ процесса автоматического соединения деталей, выявление функций сборочной машины или ПР и разработка требований, которым они должны соответствовать. Про-

ведение такого анализа, детальное описание процесса сборки и определение требований, которые должны быть предъявлены к автоматическим средствам, являются главными задачами технологических разработок при автоматизации процессов сборки.

Для автоматического соединения двух деталей им должно быть придано в пространстве необходимое относительное положение и обеспечены определенные относительные движения. Соотношения значений параметров положения и движения поверхностей деталей, по которым они должны быть сопряжены, получили название условий собираемости. Так, для соединения втулки с валиком (для упрощения изложения рассмотрим соединение втулки с валиком в одной плоскости, рисунок 1.48 *а*) и при движении втулки в направлении А необходимо, чтобы смещение ε оси отверстия втулки относительно оси шейки валика и относительный поворот a/L осей не препятствовали их соединению. Это значит, что условием собираемости втулки с валиком следует считать неравенство

$$(\varepsilon_{\max} + a_{\max}) \leq \Delta_{\min},$$

где Δ_{\min} — минимальный зазор между отверстием во втулке и шейкой валика.

Требуемое положение соединяемых деталей обеспечивается их базированием. Базируем втулку с валиком в системе XOZ, как показано на рисунке 1.48 *б*, считая, что в исходном положении детали находятся в состоянии покоя. Для сообщения втулке движения в направлении А необходимо геометрическую связь, символизируемую опорной точкой 5, заменить кинематической связью.

Выбор баз приводит к возникновению размерных связей соединяемых деталей с избранной системой отсчета, а требования к их относительному положению определяют значения параметров замыкающих звеньев соответствующих размерных цепей.

Применительно к втулке с валиком (рисунок 1.48 *б*) это будут размерные цепи А и β , имеющие $A_{\Delta} = 0$, $\delta_{A\Delta} = \varepsilon_{\max}$, $\Delta_{0A\Delta} = 0$ и $\beta_{\Delta} = 0$, $\delta_{\beta\max} = a_{\max} / L$, $\Delta_{0\beta\Delta} = 0$.

На примере соединения втулки с валиком проанализируем физический смысл составляющих звеньев возникших размерных цепей. Звенья A_1 , A_4 и β_1 , β_4 отражают точность базирования соединяемых деталей, которое необходимо осуществить с помощью каких-то устройств. Звенья A_2 , A_3 и β_2 , β_3 показывают, какое положение должны занимать базирующие устройства в сборочной машине или в ПР. Размерные цепи А и β определяют требования к точности соединяемых деталей, базирующих устройств, а также сборочной машины или ПР.

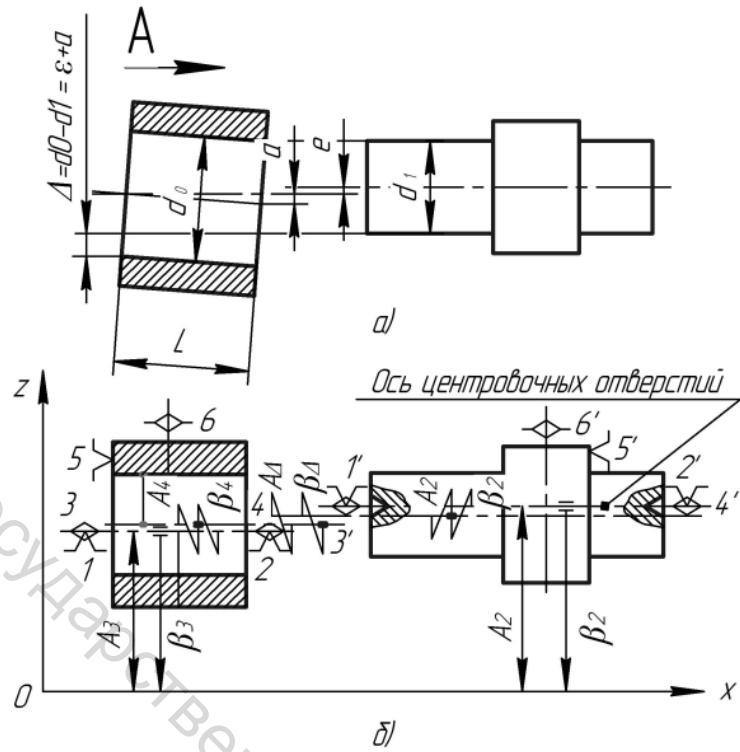


Рисунок 1.48 – Схемы: а – определения условий собираемости втулки с валиком; б – базирования втулки и валика и размерных цепей, определяющих соосность отверстия во втулке и шейки валика

В большинстве случаев автоматическое соединение деталей невозможно без компенсации отклонений в их относительном положении, придаваемом им устройствами сборочной машины или ПР. Например, для соединения втулки с валиком без зазора при ее движении только в направлении А потребовалось бы обеспечивать абсолютную соосность отверстия во втулке с шейкой валика, что привело бы к невыполнимому условию

$$\varepsilon + a = 0.$$

Условия собираемости деталей могут быть расширены, если в момент соединения создать возможность регулирования их положения.

Например, регулированию положения втулки при установке на вал могли бы способствовать фаски, образующие в момент встречи деталей клиновую пару, обеспечивающую центрирование втулки по валу. При ширине фасок b условие собираемости деталей расширяется и будет выражено неравенством

$$\varepsilon_{\max} + a_{\max} \leq \Delta_{\min} + b.$$

Однако при этом необходимо учесть, что во избежание заклинивания

соединяемых деталей угол поворота оси отверстия во втулке относительно оси шейки валика не должен превышать значения γ . Допустимое значение угла γ зависит от соотношения параметров фасок и размеров поверхностей, по которым осуществляется сопряжение деталей. Формулы для определения угла γ приведены в источнике [7].

Введение в процесс автоматического соединения деталей регулирования их относительного положения сопряжено с неоднократной сменой схем базирования. Нужный переход от одной схемы базирования к другой должен обеспечиваться соответствующими устройствами сборочной машины или ПР. Приследим за базированием втулки на разных этапах посадки на вал и действиями сборочной машины, которые она должна осуществлять при этом (рисунок 1.49, на котором показаны схемы базирования только втулки).

I этап. В исходной позиции втулка устанавливается на один из центров (до упора в торец штока привода), в которых установлен валик.

II этап. Втулке сообщается движение вдоль оси центра, для чего геометрическая связь 5 заменяется кинематической связью А.

III этап. Втулка коснулась фаской вала и должна повернуться вокруг точки O_1 , чтобы сесть на валик фаской. Геометрические связи 2 и 4 должны быть сняты в этот момент и заменены кинематическими связями α и β , обеспечивающими поворот втулки в двух координатных плоскостях.

IV этап. Для посадки на вал, втулка должна повернуться вокруг точки O_2 . Для этого она должна быть сцентрирована по контуру вала опорными точками 2' и 4', на какое-то мгновение лишена опорной точкой 5' осевого перемещения и при действии созданных кинематических связей μ и ν повернута относительно валика до совмещения оси ее отверстия с осью шейки валика.

V этап. С момента захода втулки на валик ее базирование полностью осуществляется валиком. Причем для продвижения втулки в осевом направлении геометрическая связь 5' должна быть вновь заменена кинематической связью А.

VI этап. Втулка дослана до упора в торец валика. В этот момент действие кинематической связи А должно быть прекращено, а в силу должна вступить геометрическая связь 5'.

Действие необходимых связей в процессе сборки обеспечивается силами, создаваемыми приводами сборочной машины или ПР, силами тяжести соединяемых деталей, возникающими реакциями и трением. Из примера сборки втулки с валиком нетрудно представить, что на каждом этапе процесса сборки должна быть создана своя система сил в соответствии с задачей, решаемой на данном этапе. При этом следует учитывать, что технологическая система, осуществляющая сборку, не является абсолютно жесткой. Все это требует особой тщательности в раскрытии существа процесса автоматического соединения деталей и конструктивном обеспечении условий сборочного процесса.

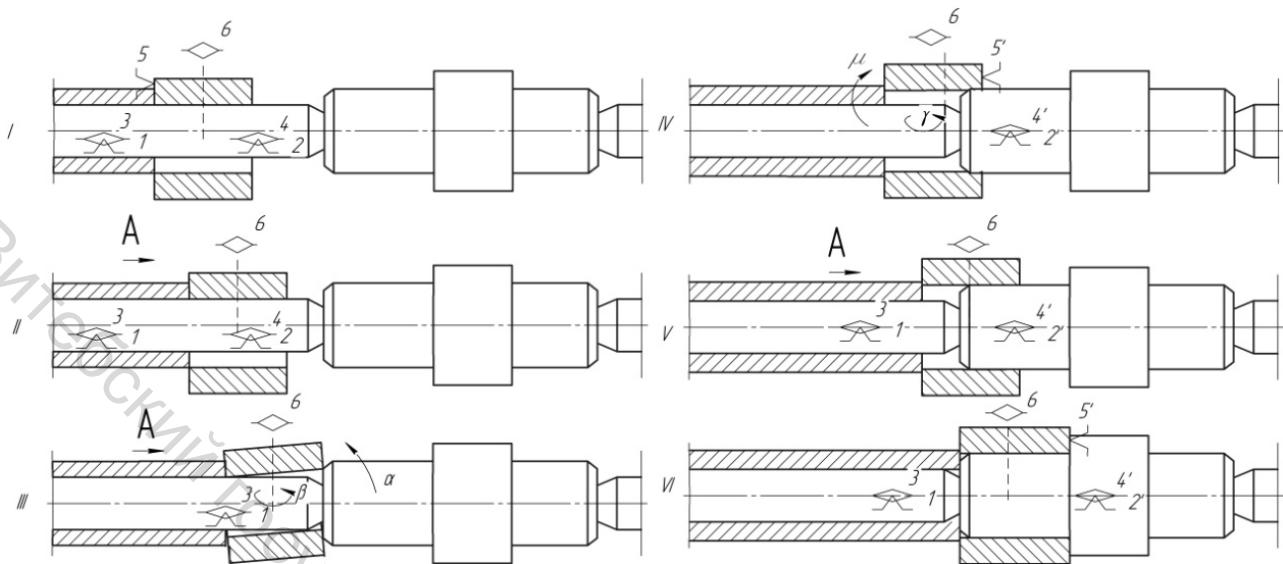


Рисунок 1.49 – Схемы базирования втулки в процессе посадки на вал

Необходимость ведения процесса сборки с переменным режимом вынуждает, оснащать сборочные машины и ПР устройствами «пассивной податливости», обеспечивающими тонкую коррекцию отклонений в относительном положении деталей, а также устройствами адаптивного управления, автоматически осуществляющими в нужный момент переход к другим режимам. На устройства такого рода возлагается коррекция относительного положения соединяемых деталей, обеспечения требуемой для данного этапа сборки системы действующих сил и их значений, регулирование скорости процесса сборки. Нет необходимости убеждать в том, что эффективность действия таких устройств целиком зависит от глубины проникновения в физическую сущность процесса и явлений, сопутствующих ему.

Таким образом, целью технологических разработок при автоматизации процесса сборки является решение следующих задач.

1. Выявление условий собираемости деталей при одновременном выборе баз и метода их автоматического соединения с учетом собственной точности деталей.

2. Доскональное описание существа процесса автоматического соединения деталей, раскрытие процесса базирования деталей в ходе их соединения и построение нужных для процесса сборки систем сил.

3. Проведение расчетов действующих сил на каждом этапе сборки, режимов сборочного процесса и определение функций сборочной машины или ПР и требований, предъявляемых к ним.

4. Выявление размерных связей, которые должны действовать в процессе автоматической сборки, разработка требований к точности базирующих устройств, сборочной машины или ПР.

5. Разработка технического задания на проектирование сборочной машины или ПР с отражением всех особенностей процесса сборки, функций машины или ПР и технических условий, которым они должны удовлетворять.

2.2 Автоматическая сборка с применением сборочных машин

Состав автоматического сборочного оборудования определяется конструкцией изделия и технологией его сборки. В большинстве случаев автоматические сборочные машины применяют для сборки изделий одного наименования или узкой номенклатуры сходных изделий, при годовой программе выпуска 200 – 500 тыс. шт. и более, вследствие чего они имеют специальное предназначение.

Обычно процесс сборки изделия делят на части в соответствии с членением его на отдельные сборочные единицы. Сборка сборочных единиц в зависимости от их сложности и изделия в целом может выполняться отдельными сборочными машинами или автоматическими линиями, имеющими ряд сборочных машин, объединенных транспортными средствами.

Помимо выполнения переходов, непосредственно связанных с соединением деталей или сборочных единиц, на автоматическое сборочное оборудование возложены функции транспортирования, загрузки, ориентации, контроля качества сборки, испытания и разгрузки.

При построении автоматического процесса сборки изделия важным является вопрос компоновки сборочного оборудования.

Применение однопозиционных сборочных машин в известной мере сокращает объем транспортных операций. Однако у такой сборочной машины число самостоятельных загрузочных, ориентирующих, питающих и собирающих устройств должно быть равно числу последовательно монтируемых деталей в сборочную единицу (рисунок 1.50 *а*). Это требование снижает возможность концентрации операций, может значительно усложнить конструкцию сборочной машины и доступ к ней при наладке. Поэтому однопозиционные сборочные машины применяют для сборки сборочных единиц с малым числом деталей, входящих в их состав, или в случаях, когда собираются одинаковые детали и смонтировать их можно одновременно.

Более широкие возможности в этом отношении предоставляют многопозиционные машины, допускающие параллельное выполнение разных по содержанию операций (рисунок 1.50 *б*). На загрузочной позиции такой машины в приспособление устанавливается базирующая деталь изделия, периодически переходящая вместе с приспособлением с одной позиции на другую, в каждой из которых совершаются свои сборочные операции. Приспособления обычно размещают на поворотном столе, за один поворот которого выполняется пол-

ный цикл сборки изделия. Обычно многопозиционные машины имеют не более шести-восьми рабочих позиций, что ограничивает их применение для сборки сложных изделий.

Сборка сложных изделий ведется на автоматических линиях, которые могут быть составлены как из однопозиционных, так и из многопозиционных машин. На автоматических линиях может быть совмещена сборка отдельных сборочных единиц и в целом изделия, подобного, например, блоку двигателя внутреннего сгорания, электродвигателю и т. п. Все позиции автоматической линии связаны между собой транспортными устройствами, доставляющими к сборочным машинам спутники с установленными на них базирующими деталями. Выполнение операций сборки на каждой позиции возможно с трех сторон одновременно, что предоставляет свободу в совмещении операций.

Для сборки изделий, изготавляемых в очень большом количестве, как, например, роликовых цепей, применяют высокопроизводительные роторные автоматические линии. В состав роторной линии входят сборочные роторы, транспортные роторы, устройства автоматической загрузки собираемых деталей, контроля и др. Процесс сборки осуществляется непрерывно. При этом в каждом технологическом роторе за полный его оборот осуществляется одна сборочная операция.

2.3 Автоматическая сборка с применением промышленных роботов

Главным преимуществом ПР по сравнению со сборочными машинами является их способность перестраиваться на сборку других изделий. Наличие устройств программного управления повышает уровень универсальности этих машин и делает возможным их применение при автоматизации сборки в многономенклатурном серийном производстве.

Функции любого робота сводятся к ряду типовых действий в пространстве: взять – положить, поднять – опустить, повернуть, перенести и т. д., на базе которых можно осуществлять транспортирование деталей к месту сборки, их ориентирование, выполнение разнообразных технологических операций, контроль качества сборки и др.

Существенному прогрессу в роботостроении и расширению их возможностей способствует развитие электронной и микропроцессорной техники. Если первые ПР предназначались для замены человека на простых повторяющихся операциях, то в настоящее время роботы осуществляют сложные сборочные операции, выполнение которых обычно поручалось рабочим высокой квалификации. Развитие идет от жестко программируемых автооператоров и манипуляторов к роботам с программным управлением и адаптивным ПР.

Простейшие адаптивные системы по силам и крутящим моментам дополняются в настоящее время в ПР сенсорными устройствами. К числу таких

устройств, особо расширяющих возможности роботов при сборке изделий, следует отнести визуальные (техническое зрение), тактильные и кинетостатические (осознание и ощущение давления).

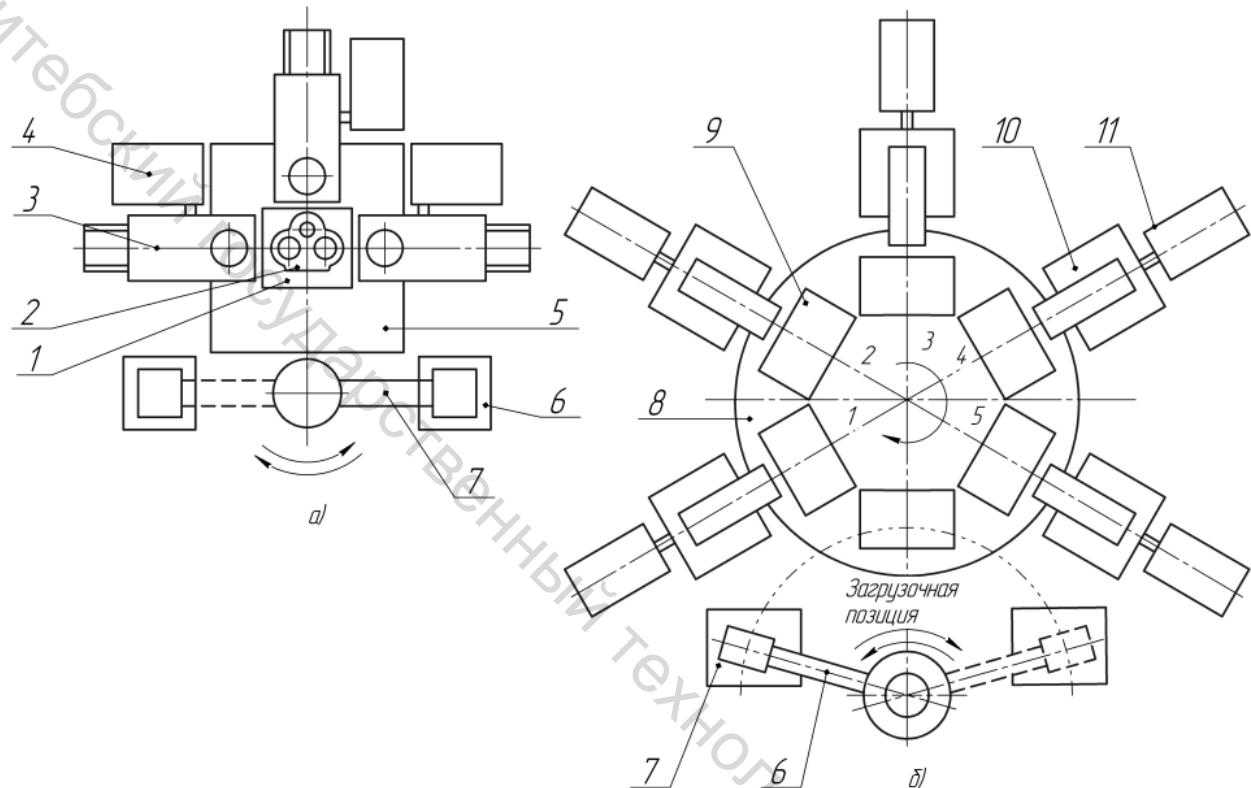


Рисунок 1.50 – Схемы компоновки сборочных автоматов:
 а – однопозиционного: 1 – приспособление; 2 – собираемое изделие; 3 – сборочная головка; 4 – магазинное устройство; 5 – стол сборочного автомата; 6 – стол; 7 – манипулятор; б – многопозиционного:
 1 – 5 рабочие позиции; 6 – манипулятор; 7 – стол; 8 – поворотный стол; 9 – приспособление; 10 – сборочная головка; 11 – магазинное устройство

Например, визуальные сенсорные устройства (ВСУ) позволяют:
 вести наблюдение за процессом соединения деталей и управлять адаптивными сборочными устройствами;
 осуществлять комплектацию узлов;
 проводить 100 % контроль по внешнему виду и размерам и выдавать статистические сведения о характере отклонений от нормы;
 сортировать изделия по внешнему виду и размерам и избирать нужную

деталь при взятии ее с движущегося конвейера, со стеллажа или из тары; осуществлять 100 % контроль цветовой характеристики покрытия; вести дистанционное управление процессом сборки и др.

Форма организации сборки с применением ПР в основном зависит от сложности изделий и может целиком выполняться либо на одном рабочем месте, либо на линии, оснащенной ПР.

В первом случае вокруг робота размещают питатели с деталями, подлежащими монтажу, набор захватных устройств, различные инструменты, которыми робот переоснащается сам, и стационарные установки (сверлильные головки, прессы и т. п.), к которым робот подает собираемое изделие для выполнения ими каких-то операций. Расширение возможностей сборки на одном рабочем месте дает применение «многоруких» роботов.

На рисунке 1.51 в качестве примера показан сборочный центр с ПР, производящим сборку генераторов переменного тока, состоящих из 17 деталей. Центр имеет две позиции: для сборки узлов и для общей сборки генераторов. Статор, комплекты щеток и диодов, а также задняя крышка собираются роботом предварительно и поступают на общую сборку как узлы. Вся узловая сборка выполняется роботом вдоль вертикальной оси. Сначала передняя и задняя крышки генератора устанавливаются в двух зажимных приспособлениях, затем в переднюю крышку монтируется шарикоподшипник. Далее в заднюю крышку запрессовывается ротор, а передняя крышка переворачивается и надевается на ось ротора, после чего ПР устанавливает на ротор прокладку, крыльчатку вентилятора, шкивы, пружинную шайбу и гайку, завинчивающую гайковертом.

Управление ПР осуществляется от ЭВМ, что обеспечивает не только движения робота по нужной траектории, но и управление скоростью движения. ПР оснащен сенсорными устройствами тактильного и силового чувствования, позволяющими при жестких допусках сопрягать детали плавно и быстро.

При сборке генератора используются шесть инструментов, которые приходится заменять 8 раз за цикл. На каждый переход в сборке и на смену инструмента затрачивается в среднем по 6 с. На этом же центре после переналадки можно собирать электродвигатели, насосы, редукторы определенных конструкций и пр.

Использование ПР в автоматических линиях с дифференциацией операций дает значительную экономию в затратах вспомогательного времени. Помимо этого отпадает ограничение в использовании ПР, создаваемое сложностью изделия. Затраты на большее число роботов в значительной мере окупаются сокращением затрат на вспомогательное оборудование, необходимое для оснащения рабочего места индивидуального робота.

В автоматических линиях в зависимости от сложности операций могут использоваться роботы различных типов: от жестко программируемых до ПР высокого уровня. Часто оказываются предпочтительными сочетания позиций

концентрированной сборки с дифференцируемой. Возможно использование двух-трех роботов для обслуживания одной позиции. Число роботов в позициях может изменяться, что обеспечивает гибкость сборочных участков.

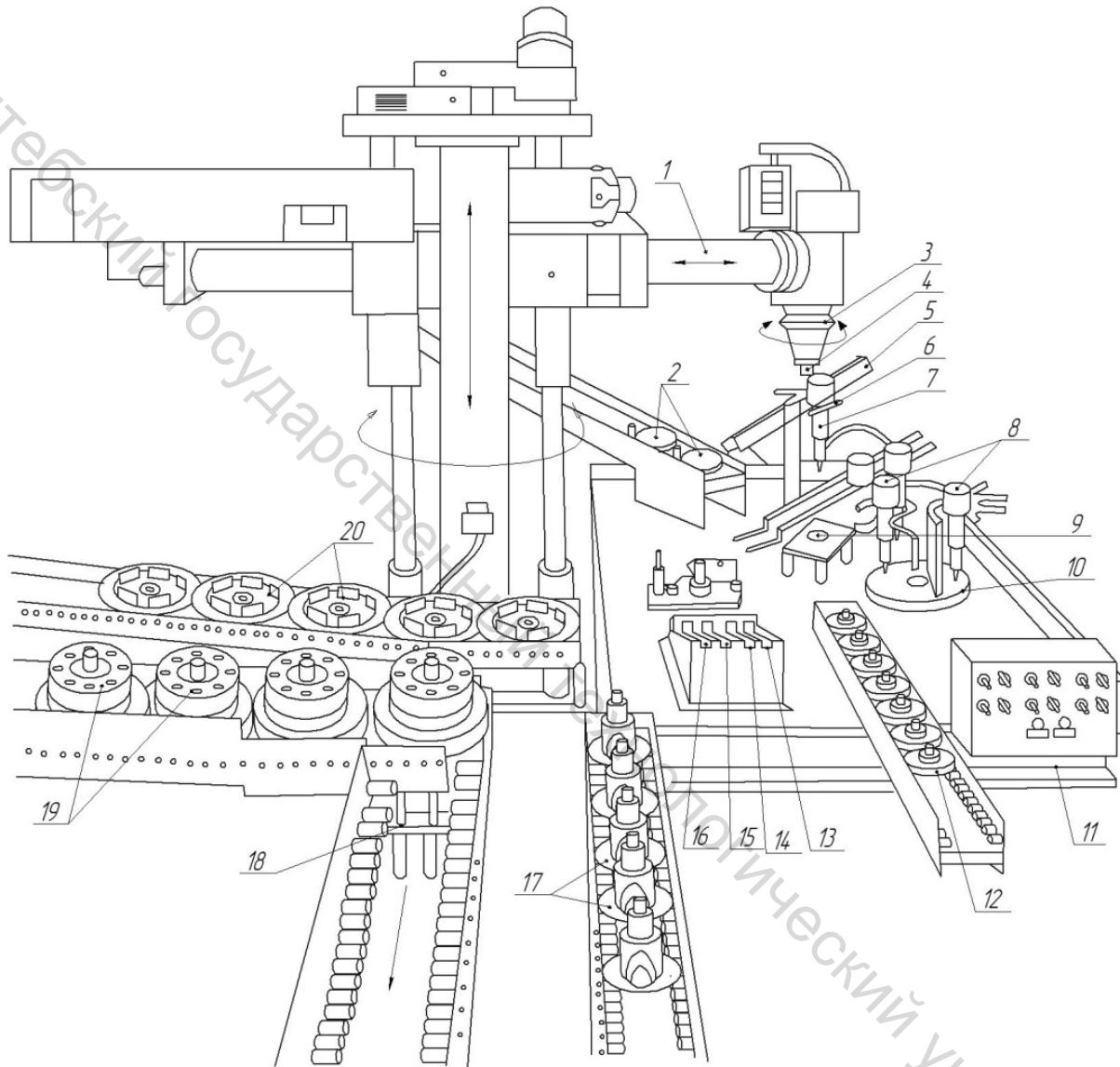


Рисунок 1.31 – Сборочный центр с ПР, управляемый от ЭВМ:

- 1 – манипулятор робота; 2 – передняя крышка; 3 – упругое захватное устройство; 4 – инструмент; 5 – лоток с винтами; 6 – штатив для хранения инструмента; 7 – отвертка; 8 – сменные инструменты; 9 – фиксаторы; 10 – поворотный инструмент; 11 – обучающий и управляемый блок; 12 – шкивы, 13 – прокладки для подшипников; 14 – стопорные шайбы; 15 – гайки; 16 – прокладки под крыльчатки вентиляторов; 17 – роторы; 18 – позиция выдачи готовых изделий; 19 – задние крышки; 20 – крыльчатки вентиляторов; 21 – зажимное приспособление для общей сборки; 22 – зажимное приспособление для сборки комплектов

Примером такой линии может служить одна из линий системы APAS фирмы «Вестингхаус», (Westinghous, США), предназначенная для сборки восьми моделей малогабаритных электродвигателей. Линия (рисунок 1.32) состоит из двух участков. На первом (рисунок 1.32 *а*) ведется предварительная сборка торцовых крышек. Здесь работают два быстродействующих прецизионных ПР А-1 и А-2 с телекамерами V-1 и V-2, осматривающими рабочую зону и проверяющими комплектацию и качество сборки. Правильности запрессовки деталей способствует адаптивное управление по силе. ПР А-3 и А-4 с управлением от мини-ЭВМ устанавливают тумблеры, конденсаторы и переключатели под контролем ВСУ (телекамеры V-3 и V-4).

На участке общей сборки двигателей ПР А-5 устанавливает статор и ротор на нижнюю торцовую крышку, а затем надевает на них верхнюю крышку. ВСУ проверяет качество ротора, ориентацию статора в устройстве подачи, помогает центрировать статор в нижней крышке. ПР А-6 вставляет соединительные болты в частично собранный двигатель, затягивает их при контроле крутящего момента, вставляет смазочный штуцер и внутреннюю крышку. ВСУ на этой позиции проверяет соосность отверстия под болты. Наконец, ПР А-7 вставляет собранный двигатель в корпус под контролем ВСУ, обеспечивающим совмещение крепежных колец двигателя со стойками корпуса.

Из рассмотренных примеров видно, что важнейшую роль в развитии ПР играют микропроцессорное управление и устройство адаптации, среди которых сенсорные системы, особенно визуальные, обеспечивающие в роботизированном комплексе «техническое зрение», являются перспективными. Применение ПР, оснащенных ими, несмотря на то, что ПР оказываются значительно дороже обычных манипуляторов, обеспечивает высокий рост производительности и экономию затрат человеческого труда.

В целом можно заключить, что в робототехнике происходит переход от освоения отдельных ПР к созданию адаптивных роботизированных технологических систем, которые могут быть успешно использованы для автоматизации сборочного производства.

В целом разработка технологических процессов на сборочные процессы осуществляется тем эффективнее, чем конкретнее и содержательнее собираемые сборочные единицы будут снабжены показателями относительного положения деталей. В приложении Б для примера показаны типовые технические требования к станочным приспособлениям в виде одной детали и в виде сборочных единиц.

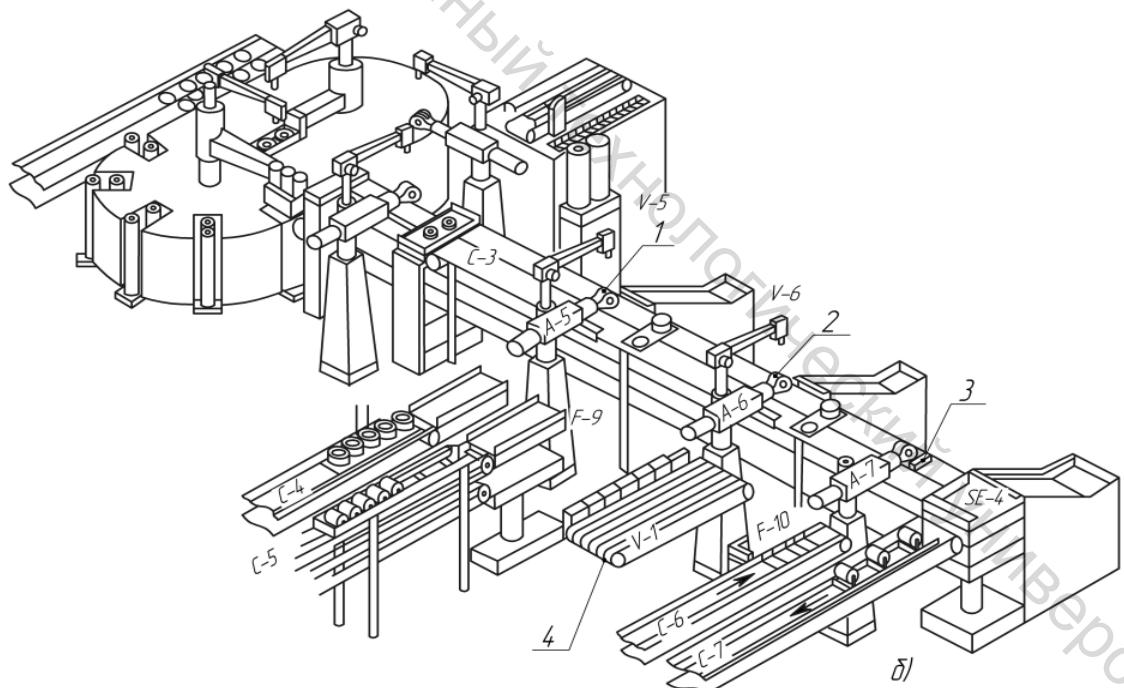
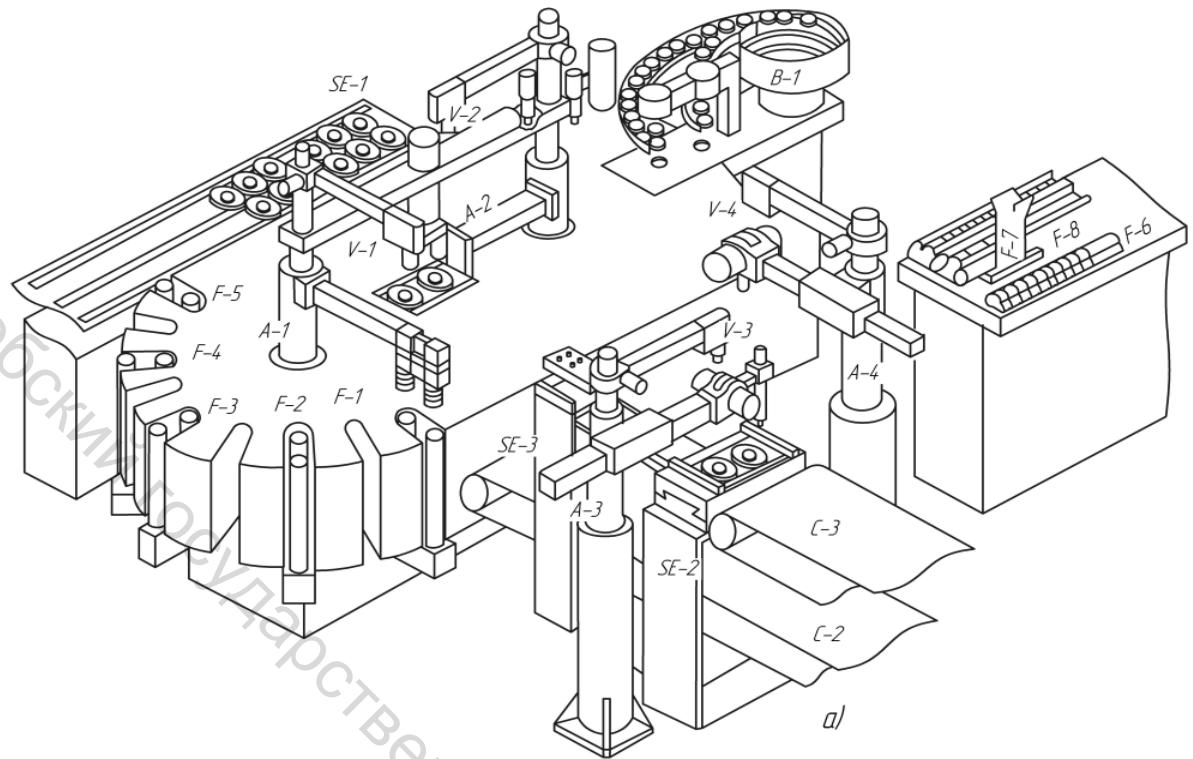


Рисунок 1.32 – Экспериментальный участок для сборки малогабаритных электродвигателей:

A – роботы; *V* – телекамеры; *F* – магазинные устройства; *B* – 1 бункерное устройство; *C* – конвейеры; *SE* – конвейеры возврата поддонов;
 1 – 3 – визуальные сенсорные устройства (ВСУ);
 4 – стол для крепежа (винтов и гаек)

3 МЕТОДЫ И СРЕДСТВА КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА МАШИН

3.1 Погрешности сборочных процессов

Погрешности замыкающих звеньев размерных цепей машины возникают в зависимости от разных причин. Большую роль играют погрешности самих деталей, поступающих на сборку. Погрешности формы, поворота и расстояния поверхностей деталей, неизбежно допускаемые в процессе изготовления, существенно влияют на действительные размеры деталей в машине. Необходимо иметь в виду, что действительные значения составляющих звеньев размерных цепей образуются только в процессе сборки машины, в момент осуществления контакта сопрягаемых деталей и фиксации тем или иным путем достигнутого положения деталей.

Точность детали, находящейся вне машины, предопределяет пределы, в которых могут проявиться погрешности размеров детали при установке в машину. При сборке же машины из многочисленных возможных действительных размеров детали определяются единственные значения, при которых рассматриваемая деталь и будет работать в машине. Следовательно, возникновение действительных погрешностей звеньев, составляющих размерную цепь, необходимо отнести к моменту соединения деталей.

Помимо погрешностей самих деталей, при сборке машины возможны погрешности, причинами возникновения которых являются:

- ошибки, допускаемые рабочими при ориентации и фиксации достигнутого положения монтируемых деталей;
- погрешности установки калибров и измерительных средств, применяемых сборщиками в процессе сборки, погрешности регулирования, пригонки и контроля точности положения деталей в машине, достигнутого при сборке, а также собственные погрешности измерительных средств;
- относительные сдвиги деталей в промежутке времени между достижением ими требуемого положения и фиксацией достигнутого положения;
- попадание грязи и стружки встыки деталей;
- образование задиров на поверхностях сопряжения деталей.

Собирая машину или узел вручную, о правильности ориентации и соединения деталей сборщик чаще судит на основе своих наблюдений и ощущений, но даже сборщики очень высокой квалификации не в состоянии уследить за всеми дефектами сборки, так как острота восприятия их человеком ограничена.

Немалую долю в общей сумме составляют погрешности сборки машины, вызываемые упругими деформациями деталей при фиксации их относи-

тельного положения. Затяжка винтов и гаек может деформировать собираемые детали, привести к смене баз деталей и нарушить точность их относительного положения, а также плотность соединения. Кроме того, значительные нагрузки вызывают остаточные деформации (смятие) в точках контакта сопрягаемых деталей, что также влияет на точность соединения деталей.

Чтобы избежать существенного влияния перечисленных факторов, необходимо производить затяжку винтов и гаек не только в определенной последовательности, но и с требуемой силой, не превышающей предела, за которым следует разрушение крепежных деталей или чрезмерная деформация стыков.

Для создания одинаковой и требуемой силы затяжки винтов и гаек используют различные ключи, винтоверты, гайковерты и другие инструменты, которые снабжены устройствами, ограничивающими прилагаемые крутящие моменты. Конструкции различного слесарного инструмента и приспособлений приведены в источнике [8]. Инструменты и приспособления ограничивают прилагаемые при завинчивании моменты, но не учитывают колебаний моментов сопротивления в резьбовых парах. При постоянном крутящем моменте, прикладываемом к винту или гайке, и переменном моменте сопротивления в резьбе сила затяжки, создаваемая винтом или гайкой, строго говоря, не будет постоянной. Поэтому там, где требуется крепление детали с очень малым колебанием силы затяжки, инструменты, ограничивающие прикладываемый крутящий момент, оказываются непригодными. В этих случаях нужны приборы и устройства, непосредственно измеряющие и ограничивающие силу затяжки или позволяющие устанавливать крутящий момент в зависимости от требуемой силы затяжки и момента сопротивления, возникающего в конкретной резьбовой паре.

Достижение точности машин методами регулирования или пригонки сопровождается обычно контролем точности выполненных операций. Как и всякий контроль с помощью измерительных средств или калибров, контроль при сборке сопряжен с погрешностями установки измерительных средств или калибров, погрешностями их статической настройки. Погрешности, допускаемые при контроле, целиком переносятся на собираемый объект, снижая его точность.

Менее изученными, но несомненно имеющими значение, являются погрешности сборки, вызываемые относительным сдвигом деталей в промежутке времени между достижением ими требуемого положения и фиксацией достигнутого положения. Причинами возникновения погрешностей такого рода являются:

- удары, толчки и сотрясения, которым может подвергаться объект сборки во время транспортирования на рабочие места, где осуществляют фиксацию положения деталей, достигнутого на предшествующих операциях;
- удары и толчки при установке объекта сборки в приспособление для

сверления отверстий под штифты;

– силы резания, возникающие при сверлении отверстий под штифты.

Разработка мер по ограничению погрешностей сборочных процессов может способствовать глубокий анализ причин возникновения погрешностей, проводимый при разработке технологического процесса сборки машин. Допуски на изготовление деталей машин следует назначать одновременно и в неразрывной связи с назначением допусков на сборку машины и ее сборочных единиц. Помимо этого, необходимо шире внедрять контроль качества сборки на операциях. Дополнительные затраты средств на введение контрольных операций в большинстве случаев окупаются сокращением брака сборки и времени, затрачиваемого на отладку и освоение изготовленных машин.

Контроль качества выполнения сложных сборочных операций считается обязательным. В зависимости от сложности и ответственности собираемых сборочных единиц (узлов) или машин, а также масштаба выпуска контролью можно подвергать все изделия или на выборку определенное их число.

Основными видами контроля качества машин при сборке являются наружный осмотр и оценка качества на основе ощущений, контроль точности машин и их узлов с помощью различных технических средств и испытания машин. Несмотря на несовершенство и субъективность оценки качества сборки машин и их узлов на основе ощущений, этот вид контроля играет чрезвычайно важную роль и необходим на протяжении всего процесса сборки изделий. Выявление царапин, забоин, коррозии, окалины и загрязненности поверхностей монтируемых деталей, контроль наличия прокладок, шайб и т. д., проверка «качки» деталей, легкости хода и плавность перемещения, шума зубчатых колес и т. п. должны выполнять не только контролеры на контрольных постах, но и сами сборщики при выполнении сборочных операций.

3.2 Методы контроля точности машин и их узлов

Контроль, которому подвергают каждый узел и каждую изготовленную машину, имеет целью проверить соответствие точности формы, относительного положения и перемещения их исполнительных поверхностей установленным нормам. Эффективность всякого контроля тем выше, чем ближе результаты измерений контролируемых параметров к их действительным значениям. Степень приближения измеренного значения к действительному зависит от следующих факторов:

- раскрытия смысла контролируемого параметра и явлений, порождающих возникновение погрешностей;
- правильности выявления взаимосвязи различных параметров и умения выделить контролируемый параметр;
- правильности выбора или разработки средств контроля; техники осу-

ществления контроля.

Правильная и четкая терминология раскрывает смысл контролируемого параметра. Основные термины, характеризующие отклонения формы, относительное положение и перемещение поверхностей деталей, установлены ГОСТ 24642–81 и приведены в книге [16].

Однако для успешного осуществления контроля еще недостаточно понимать смысл контролируемого параметра. Необходимо видеть и учитывать взаимосвязь контролируемого параметра с другими параметрами, влияющими на точность машины. Например, точность определения расстояния между двумя плоскими поверхностями детали зависит от точности поворота и формы этих поверхностей. Поэтому в первую очередь необходимо контролировать форму, затем поворот и в последнюю очередь расстояние между плоскими поверхностями детали.

Согласно определению (ГОСТ 2.308–79) радиальное биение является результатом совместного проявления отклонения от цилиндричности поверхности и несовпадения оси контролируемой поверхности с осью вращения детали. Это несовпадение складывается из относительного смещения и поворота осей 1 и 2 в пространстве (рисунок 1.33). Поэтому судить о радиальном биении какой-либо поверхности детали можно не вообще, а лишь применительно к сечению, в котором осуществляется контроль.

Чтобы получить при контроле наиболее полное представление о значении контролируемого параметра, необходимо исключить, насколько это возможно, влияние погрешностей взаимосвязанных с ним параметров. Например, соосность переднего и заднего центров токарного станка обычно проверяют с помощью оправки, закрепляемой в центрах. Перемещая вдоль по оправке расположенные в двух координатных плоскостях и установленные на суппорте индикаторы, судят о величине и направлении отклонения от соосности центров (рисунок 1.34 *а*). Но аналогичные показания могут дать индикаторы при наличии поворота оси оправки относительно направляющих станины при абсолютной соосности центров (рисунок 1.34 *б*). Поэтому, прежде чем приступить к проверке совпадения осей центров в передней и задней бабках токарного станка, необходимо обеспечить параллельность осей отверстий под центры в шпинделе и пиноли в более жестких пределах по сравнению с допустимым отклонением от соосности центров.

Контроль некоторых параметров требует материализации геометрических представлений. Нельзя, например, непосредственно измерить расстояние между осями двух отверстий в деталях машины, поскольку оси отверстий являются геометрическим образом, в природе их не существует, или невозможно измерить отклонение от плоскости поверхности детали без материализации идеальной плоскости, проходящей через три выступающие точки контролируемой поверхности. Геометрические представления материализуют с

помощью специальных деталей или устройств. Так, чтобы измерить расстояние между осями отверстий в корпусной детали, в отверстия вставляют оправки, измеряют расстояние между их образующими и делают соответствующий пересчет. Идеальную плоскость при определении отклонения от плоскостности поверхности детали воспроизводят с помощью контрольной плиты.

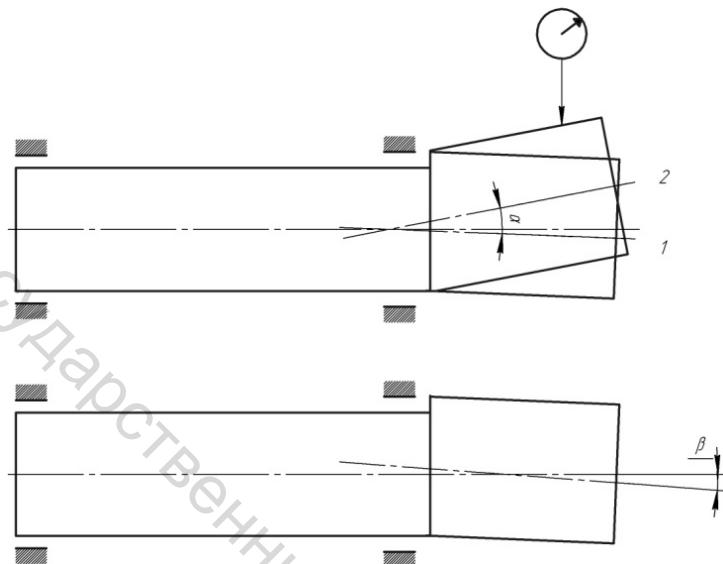


Рисунок 1.33 – Несоосность шеек вала в двух координатных плоскостях

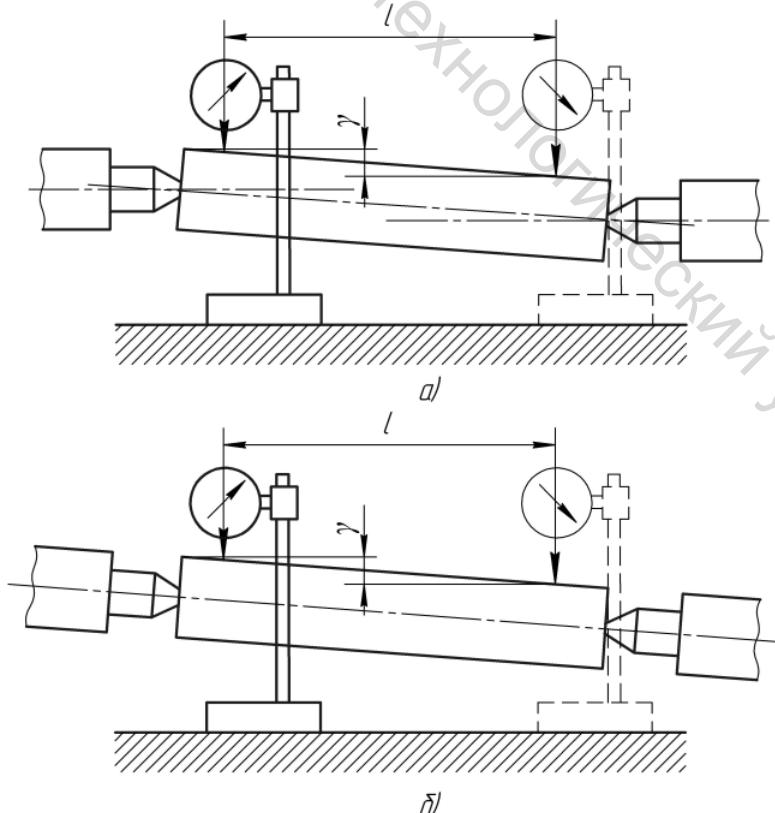


Рисунок 1.34 – Проверка соосности центров токарного станка с помощью оп-

равки: l – длина измерения; γ – разность показаний индикаторов

Так как все это связано с введением в измерительные размерные цепи дополнительных звеньев, имеющих погрешности, то большое значение имеет собственная точность всех деталей и устройств, используемых при проверках, а также точность их установки. При этих условиях считается допустимой погрешность познания контролируемого параметра, не превышающая 10 ... 20 % его поля допуска.

3.3 Испытание машин

Целью испытания машин является проверка правильности работы и взаимодействия всех механизмов машин, проверка ее мощности, производительности и точности. Таким образом, испытания машины являются проверкой качества машины, полученного в результате всего производственного процесса ее изготовления.

В зависимости от вида, назначения и масштаба выпуска машины проходят испытания на холостом ходу (проверка работы механизмов и паспортных данных) и в работе под нагрузкой, а также испытания на производительность, жесткость, мощность и точность.

Испытания на холостом ходу. При этом испытании проверяют все включения и переключения органов управления и механизмов машины, правильность их взаимодействия и надежность блокировки, безотказность действия и точность работы автоматических устройств. Вместе с тем проверяют соблюдение норм правильности работы подшипников, зубчатых колес. Например, для станков после 2 ч работы на холостом ходу при наибольшей частоте вращения шпинделя допускается разогрев подшипников скольжения до 60 °C, подшипников качения до 70 °C, в других механизмах станков температура подшипников не должна превышать 50 °C. Шум зубчатых колес коробок скоростей, подач и других механизмов станка проверяется в тихом помещении в соответствии с действующими стандартами и техническими условиями.

Испытания машин под нагрузкой выявить качество ее работы в производственных условиях, поэтому для машины создают условия, близкие к условиям эксплуатации. Например, двигатель внутреннего сгорания устанавливают на специальную раму, а вал двигателя присоединяют к тормозному устройству, позволяющему создавать переменные нагрузки. К двигателю подключают системы охлаждения, масляную и топливную аппаратуру. При проведении испытаний определяют эксплуатационные характеристики двигателя, расход топлива, масла.

Под нагрузкой на определенных режимах, устанавливаемых техническими условиями или правилами, испытывают все машины.

Испытанию на производительность подвергают обычно не все машины, а лишь машины специального назначения и опытные образцы. В процессе испытания выявляют, соответствует ли производительность изготовленной машины требованиям заказа, обладает ли машина требуемой скоростью.

Испытания на жесткость. На жесткость испытывают главным образом станки. В настоящее время нормы жесткости и методы испытания широкого круга станков стандартизованы.

Испытания на мощность. Этим испытаниям подвергают все машины при единичном производстве и все или выборочно машины, изготавляемые серийно. Не испытывают на мощность машины простейшей конструкции, а также машины, заведомо обладающие большим запасом мощности. Цель испытания машины на мощность — определить ее КПД при максимально допустимой нагрузке. Нагрузку машине создают с помощью специальных тормозных устройств, которые воспроизводят максимальные силы и моменты, соответствующие возникающим при эксплуатации машины.

Испытание на точность. На точность испытывают обычно машины, которые производят, сортируют и контролируют продукцию (станки, прессы и др.). Контроль машин на точность должен дать заключительную оценку качеству машины — ее способности производить продукцию требуемого качества. Поэтому оценку точности машин при проведении испытаний дают по результатам ее действия: по точности изготовленных деталей, по точности выполнения сортировки, контроля.

Для машин распространенных типов (токарные, фрезерные и другие станки) порядок проведения испытаний на точность, образцы изготавляемых деталей и точность обработки образцов регламентированы государственными стандартами.

Для оригинальных машин программу и режимы испытаний разрабатывают в зависимости от их назначения, конструкции и требуемой точности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Балабанов, А. Н. Краткий справочник технолога-машиностроителя / А. Н. Балабанов. – Москва : Машиностроение, 1982.
2. Вульф, А. М. Резание металлов / А. М. Вульф. – Ленинград : Машиностроение, 1973.
3. Гжиров, Р. И. Программирование обработки на станках с ЧПУ: справочник / Р. И. Гжиров, П. П. Серебрянский. – Ленинград : Машиностроение, 1990.
4. Горохов, В. А. Основы технологии машиностроения и формализованный синтез технологических процессов: учебник. В 2-х ч. / В. А. Горохов, А. Г. Схиртладзе, Н. В. Беляков [и др.]; под ред. В.А. Горохова. – Старый Оскол : ТНТ, 2011.
5. Горохов, В. А. Проектирование технологической оснастки: учебник / А. А. Горохов. – Минск : Бервита, 1987.
6. Гречишников, В. А. Проектирование режущего инструмента: учебное пособие / В. А. Гречишников, А. Г. Схиртладзе, В. А. Горохов [и др.] ; под редакцией П. И. Ящерицына. – Москва : Корвет, 2005.
7. Гусев, А. А. Адаптивные устройства сборочных машин./ А. А. Гусев – Москва : Машиностроение, 1979.
8. Ефремов, В. Д. Металлорежущие станки: учебник / В. Д. Ефремов, В. А. Горохов, А. Г. Схиртладзе [и др.] ; под ред. П. И. Ящерицына. – Москва : Славянская школа, 2004.
9. Кузнецов, Ю. И. Оснастка для станков с ЧПУ / Ю. И. Кузнецов, А. Р. Маслов, А. Н. Байков. – Москва : Машиностроение, 1990.
10. Новиков, Н. П. Основы технологии сборки машин и механизмов. – Москва : Машиностроение, 1980.
11. Обработка металлов резанием : справочник / А. А. Панов, В. В. Аникин, Н. Г. Бойм [и др.] ; под ред. А. А Панова. – Москва : Машиностроение, 1988.
12. Общетехнический справочник / Е.А. Скороходов, В.П. Законников, А.Б. Пакнис [и др.] ; под ред. Е.А. Скороходова. М.: Машиностроение, 1989.
13. Основы базирования : учебное пособие / И. А. Коганов, Д. С. Каплан. – Тула : ТулГТУ, 1993
14. Схиртладзе, А. Г. Технологические наладки изготовления деталей и сборка в машиностроении: учебное пособие / А. Г. Схиртладзе, В. А. Горохов, В. В. Морозов [и др.].– Москва : МГТУ «СТАНКИН», 2004.
15. Технология машиностроения (специальная часть) : учебник / А. А. Гусев, Е. Р. Ковалчук, И. М. Колесов [и др.]. – Москва : Машиностроение, 1986.
16. Федин, Е. И. Проектирование технологических наладок металлоре-

жущих станков на операции механической обработки: учебное пособие / Е. И. Федин, В. А. Горохов, А. Г. Схиртладзе [и др.]. – Москва : Славянская школа, 2005.

17. Якушев, А. И. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения. – Москва : Машиностроение, 1979.

Приложение А

Пример оформления технологического процесса на сборочную единицу

				ГОСТ 31105-84 Форма 2			
				01188.00163			
ПО "ВТЭ"		Д130-1006010					
Вал распределительный в сборе							
<i>Утверждаю</i>							
<i>Должность Ф.И.О.</i>							
<i>Подп. подпись Ф.И.О.</i>							
КОМПЛЕКТ ДОКУМЕНТОВ							
на технологический процесс							
слесарно-сборочных работ							
<i>Разработал</i>							
<i>Проверил</i>							
<i>Нормаконтроль</i>							
<i>Должность, Ф.И.О. подпись</i>							
<i>Должность, Ф.И.О. подпись</i>							
<i>Должность, Ф.И.О. подпись</i>							

ГОСТ 3 1118-82 Форма 1																
0118800163																
Разраб	ФИО	Подпись	Дата	ПО ВТЗ	Д130-1006010					0118800149						
Проб	ФИО	Подпись	Дата													
Иконтр.	ФИО	Подпись	Дата													
Вал распределительный в сборке																
М01																
		Код	ЕВ	МД	ЕН	Краск	КИМ	код загат.	профиль и размеры	КД	М3					
М02																
A	цех	ЧЧ	РМ	опер	код наименование операции		обозначение документа									
Б	код наименование оборудования					СМ	проф	R	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	К шт	Тпз	Тш
A01	420	09	01	005	8800	Сборка										
02		Собрать вал распределительный с					30188							ИТБ	N5143	
03							60188									
04		шестерней					275	3	03	1	1	10	30		016	0.96
05																
Б06		416 125 Пресс														
07		1723-8 Сборочный верстак														

Подпись и дата		Инв. № дубл	Подпись и дата	ГОСТ 1105-74 Форма 7					
				01188.00163					
		Комплектовочная карта		Д130-106010 30188.00164					
Номер-черт	Позиции	Обозначение	Наименоование	Отката посту-пает	Код единицы измерения	Единица нормино-вания	Норма расхода	Кол	
								Разраб подачу	Общая подача на смену
005	1	Д130-1006015	вал распределительный		796		1		
	4	Д30-1006214A2	Шестерня распределительная ведомая		796		1		
	2	Д30-10060-25	подшипник упорный		796		1		
	5	Д30-1006217	Штифт		796		1		
010	6	4793670010	Болт 4М8 6гх30.88.35 ГОСТ 7796-70		796		3		
	3	Д30-1006027A2	Шайба замковая		796		1		
								Разраб	Ф.И.О.
								Проб	Ф.И.О.
								Подпись	Дата
								Подпись	Дата

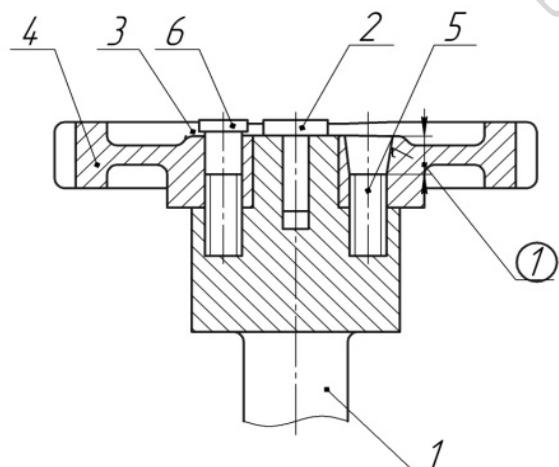
ГОСТ 31118-82 Форма 1б																
01188.00163																
Разраб	Ф.И.О.	Подпись	Дата													
Проб	Ф.И.О.	Подпись	Дата													
Н. контр	Ф.И.О.	Подпись	Дата													
	цех	уч	РМ	опер	код	наименование	появления									
A	код наименование оборудования					СМ	проф	P	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	К шт	Тпз	Тш
Б	наименование детали с/с единицы или материала					обозначение код					ОПП	ЕВ	ЕН	КМ	Ирасх	
A01	420	09	02	010	8800	Сборка	60188								ИТБ N5143	
02	Закрепить шестерню					275	3	03	1	1	10	38			0.90	
03	на валу															
B04	1723-11 сборочный верстак															
05																
06																
07																
A08	420	09	03	015	0200	Контроль	0103									
09	приемочный					118	1	04	1	1	10	30	ИТБ N5143		0.043	
10																
B11	Стол контрольный															
12	Пост 09															
13	Планировка ПР 02111-420-01															

ГОСТ 3 1118-82 Форма 7

0118800163					

Разраб	Ф.И.О.	Подпись	Дата	ПО ВТЗ	Д130-1006010		0118800149
Проб.	Ф.И.О.	Подпись	Дата				
Иконтр.	Ф.И.О.	Подпись	Дата	Вал распределительный в сборке			

Onep. 005-015



1. Болты затянуть до отказа
 2. Концы шайбы отогнуть на грани головок болтов
 3. Подшипник запрессовать до упора
 4. Штифт запрессовать в размер 1

										ГОСТ 31407-74 Форма 2а	
										0118800163	
		номер опер	005	Д30-1006010						6018800422	
номер перехода	Содержание перехода	Обозначение деталей и входящих сборочных единиц	Кол-во изделий	Приспособление (код наименование)	Кол-во	Инструмент (код наименование)	Кол-во	То			
			1								
		Д30-1006025		Пневмопресс							
		Подшипник упорный		4 16 125A							
3	Запрессовать шестерню и подшипник, совместив отверстия под штифт болты				1						0,15
				Оправка							
				4 166 169							
4	Запрессовать в вал распределительный штифт	Д30-1006217	1	Оправка	1						0,15
	Выдержав размер 1 Размер	Штифт		4 16.6578							
	выдерживается оправкой										
				Разраб	ФИО	подпись	дата	лист			
				Проб	ФИО	подпись	дата	лист			

					ГОСТ 31407-74 Форма 2							
инд. № подл.	Подпись и дата	Взаим. инв. №	инд. № подл.	Подпись и дата	0118800163							
Операционная карта слесарных, слесарно-сборочных и электромонтажных работ					Д130-1006010			6018800422				
					Вал распределительный							
Наименование операции					Оборудование (наименование, код)							
010	Сборка				Сборочный верстак 1723-4							
Наименование марка материала		Код	код ед. велич	ед. изм	норма расхода	Наименование марка материала		Код	код ед. велич	ед. изм	норма расхода	
Номер перехода	Содержание перехода			Обозначение деталей и входящих сборочных единиц			Кол-во изделий	Приспособление (код наименование)	Кол-во	Инструмент (код наименование)	Кол-во	То
	Ввернуть на 2-3 нитки						3					0.15
	болты с шайбой			4793670010								
	замковой			Болт 4М8 6дх 30 88 35								
				ГОСТ 7796-70			1					
				Д130-1006027А2								
				Шайба замковая								
							Разраб.	ФИО	Подпись	дата	Лист	
							Проб.	ФИО	Подпись	дата		

инд. № подл.	Подпись и дата	взаим. инв. №	инд. № дубл.	Подпись и дата	ГОСТ 31502-74 формат								
					0118800163								
Операционная карта технического контроля					Д130-1006010								
					Вал распределительный								
1. Болты затягнуть до упора Момент затяжки болтов должен быть 24,5 29,4 Нм 2. Штифт запрессовать в размер 1					Наименование операции								
					420 09 15			Контроль приемочный					
								Наименование и марка материала	ГОСТ, ТУ				
					Наименование оборудования		Стол контрольный 09						
Содержание перехода					Приспособление (код. наименование)		Измерительный инструмент (код. наименование)		Процент контроля	Особые указания			
Проверить													
1 Затяжку болтов (до контролки болтов)					Динамометрический ключ 416-7261 вставка 12x100 СТП202.88-74		10 0,017 к 75						
									Разраб.	ФИО	подпись	дата	лист
									Проб.	ФИО	подпись	дата	

инд. № подл.	Подпись и дата	Взаим. инв. №	инд. № дубл.	Подпись и дата			ГОСТ 31502-74 Форма 1
							0118800163
			номер опер.				
	Содержание перехода			Приспособление (код. наименование)	Измерительный инструмент (код. наименование)	Процедура контроля	Особые указания
2	Контрольку болтоб- визуально					100	0,095 к 1
3	Запрессовку подшипника - визуально					100	0,090 к 1
4	Размер 1			Штангенциркуль шц1-125-0,10-1 ГОСТ 166	10	0,005 к 44	
				Разраб.	ФИО	подпись	дата
				Пров.	ФИО	подпись	дата
							Лист

ГОСТ 31105-74 Форма 1

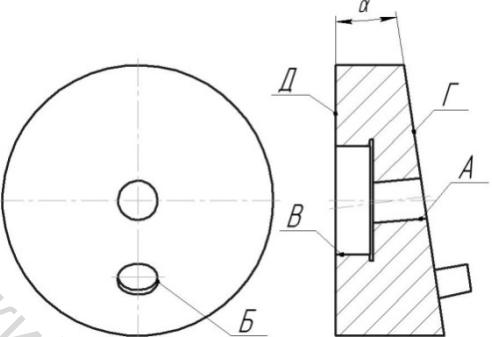
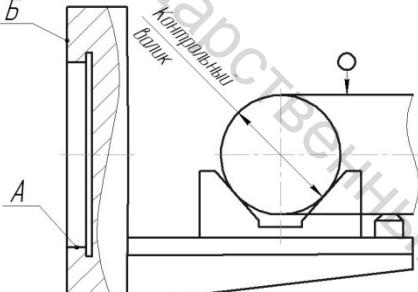
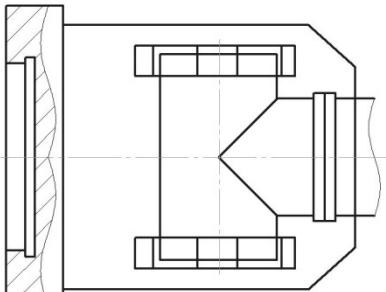
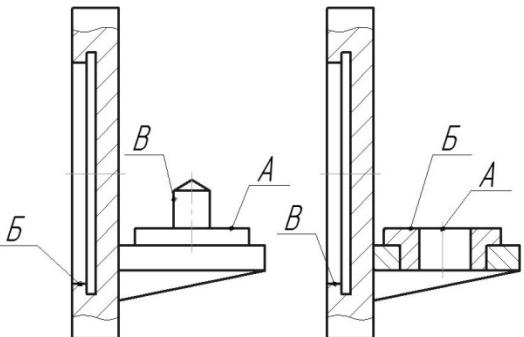
инд. № подл.	Подпись и дата	Взаим. инв №	инд. № убл.	Подпись и дата									
<i>ВТЗ</i> <i>ОГТ</i>			<i>Ведомость оснастки</i>			<i>Д130-1006010</i>							
						<i>Вал распределительный</i>							
Номер операции	Наименование приспособления и вспомогательного инструмента	Код приспособления и вспомогательного инструмента	Кол	Наименование режущего инструмента	Код режущего инструмента	Кол	Наименование измерительного инструмента	Код измерительного инструмента	Разраб	ФИО	подпись	дата	Лист
									Пров.	ФИО	подпись	дата	
005	пресс				416 125A								
	пневматический												
	алюминий				416 6338								
	бульон				416 12212								
	оправка				416 6169								
	оправка				416 6978								
	подставка				416 6642								

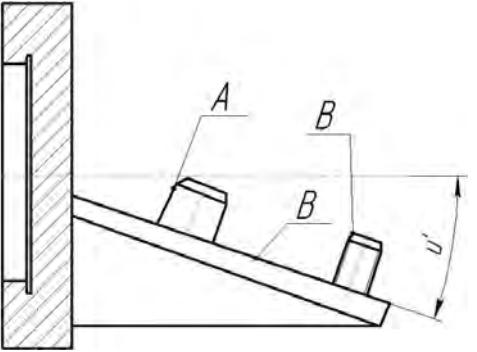
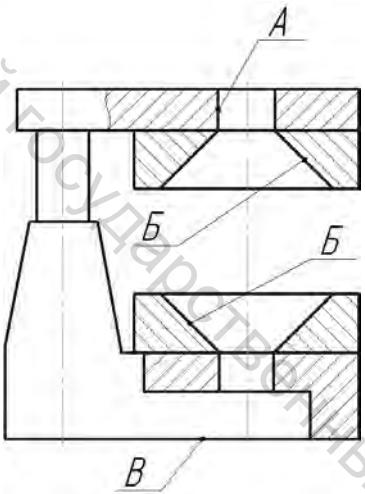
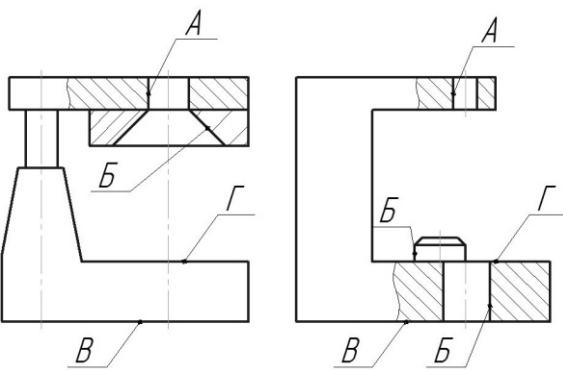
Приложение Б

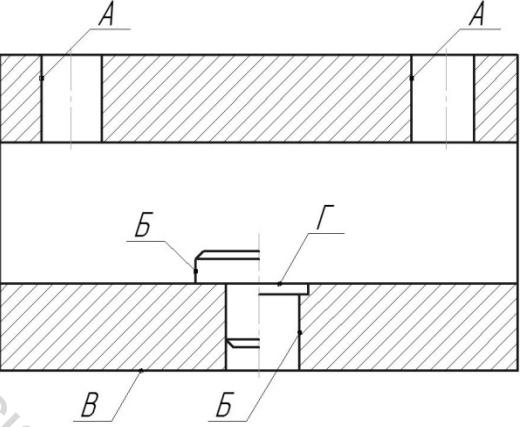
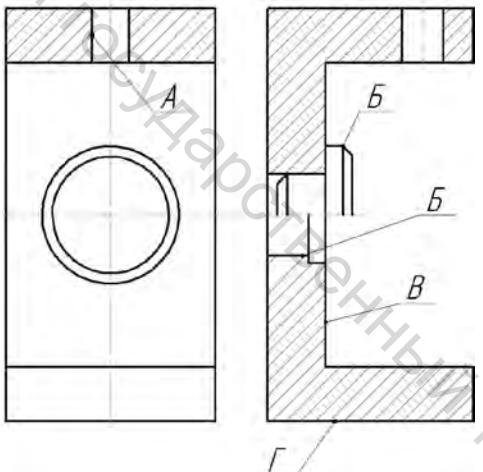
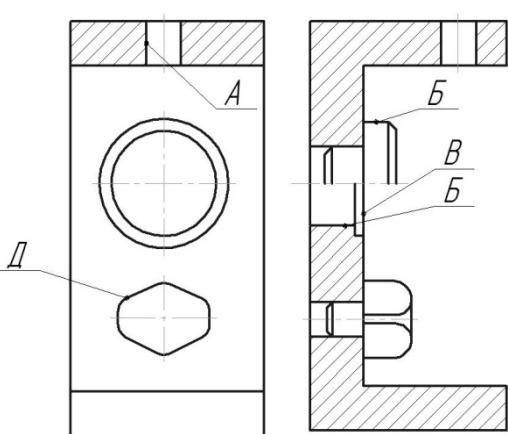
Типовые технические требования к станочным приспособлениям

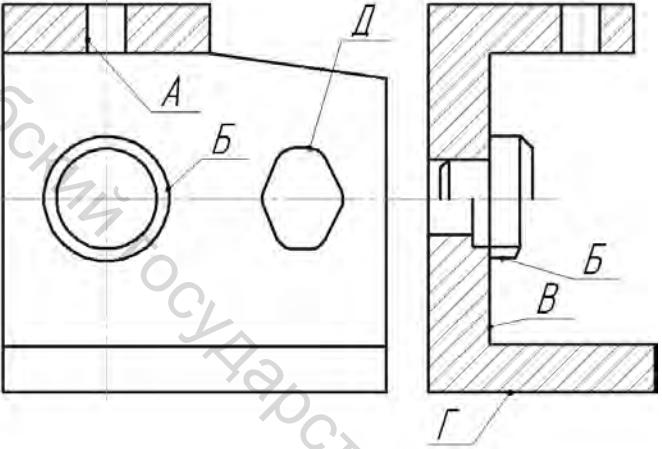
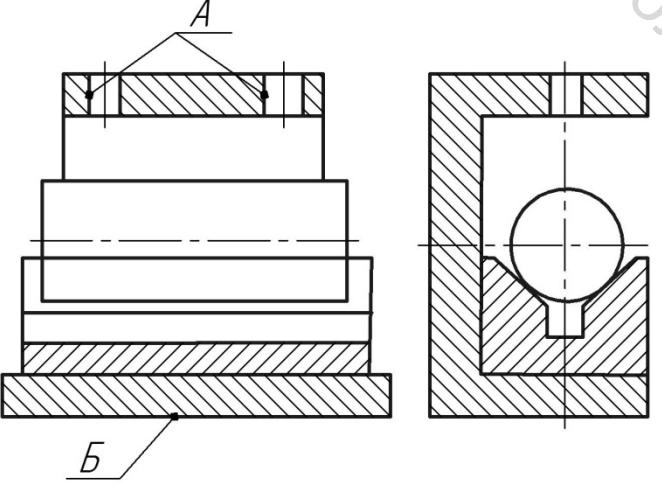
1. Приспособления к токарным, карусельным, кругло- и внутришлифовальным станкам

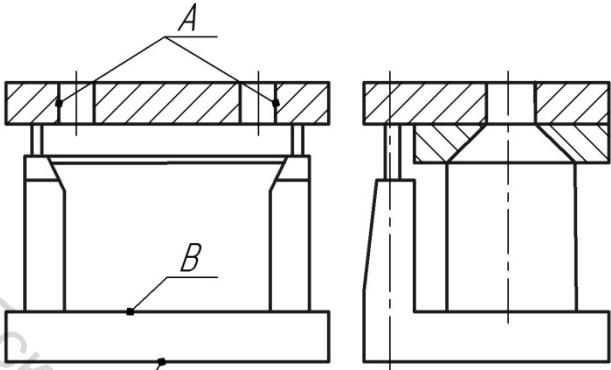
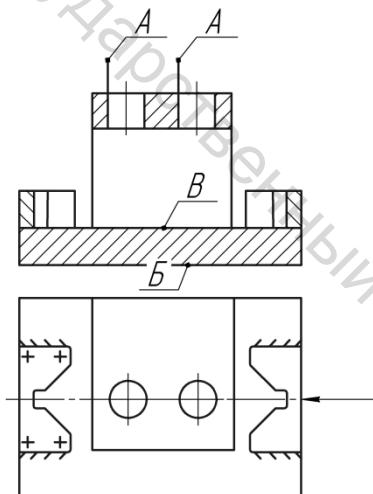
Схема приспособления	Технические требования
	Биение поверхности А относительно оси центральных отверстий не более...мм
	Биение поверхности А относительно оси центральных отверстий не более...мм
	1. Биение поверхности А относительно поверхности В не более...мм. 2. Биение поверхности В относительно поверхности Б не более...мм
	1. Биение поверхности А относительно поверхности Б и С не более...мм. 2. Отклонение от параллельности поверхности Б относительно поверхности Д не более...мм на диаметре...мм

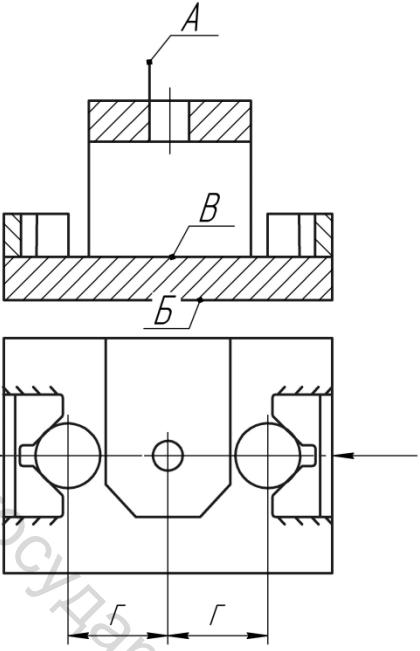
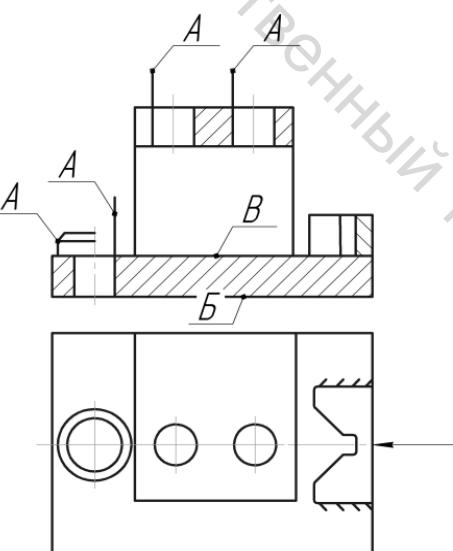
	<ol style="list-style-type: none"> Несовпадение плоскости, проводящей через оси поверхностей А и Б с осью поверхности В не более...мм. Отклонение от перпендикулярности поверхности Г к поверхности А (оси поверхности А) не более...мм. Отклонение от параллельности поверхности Г в сечениях перпендикулярно плоскости, проходящей через оси поверхностей А и Б, относительно поверхности Д не более...мм
 	<ol style="list-style-type: none"> Несовпадение оси контрольного валика, установленной в призму, с осью поверхности А не более...мм. Отклонение от параллельности оси контрольного валика, установленного в призму, относительно поверхности Б не более...мм на длине...мм
	<ol style="list-style-type: none"> Отклонение от перпендикулярности поверхности А к поверхности Б не более...мм на длине...мм. Несовпадение оси поверхности Б с осью поверхности В не более...мм

	<ol style="list-style-type: none"> Несовпадение плоскости, проходящей через оси поверхностей А и Б, с осью поверхности Г не более...мм. Отклонение от параллельности поверхности В в сечениях перпендикулярно плоскости, проходящей через оси поверхностей А и Б относительно по-
	<ol style="list-style-type: none"> Отклонение от перпендикулярности оси поверхности А (или осей кондукторных втулок) к поверхности В не более...мм на длине...мм. Несовпадение оси поверхности А с осью поверхности Б (или поверхности) не более...мм
	<ol style="list-style-type: none"> Отклонение от перпендикулярности оси поверхности А (или осей кондукторных втулок) к поверхности В не более...мм на длине...мм. Несовпадение оси поверхности А с осью поверхности Б (или поверхностей Б) не более...мм. Отклонение от параллельности поверхности Г относительно поверхности В не более...мм на длине...мм

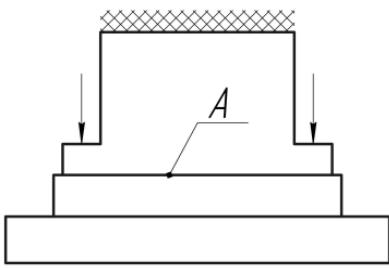
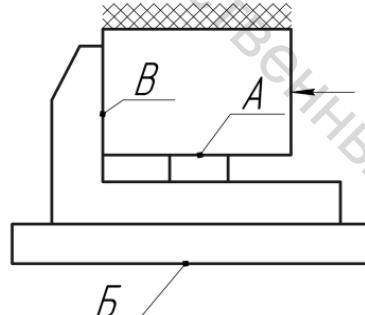
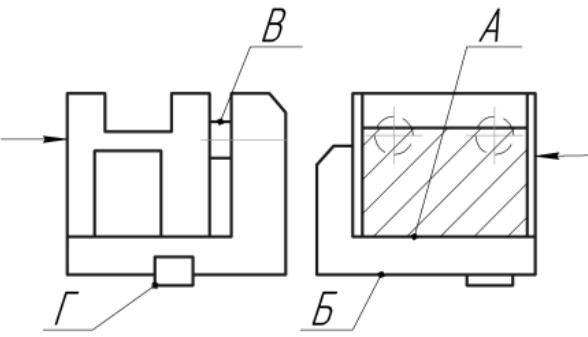
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Отклонение от перпендикулярности оси поверхности А (или осей кондукторных втулок) к поверхности В не более...мм на длине...мм. 2. Отклонение от параллельности поверхности Г относительно поверхности В не более...мм. 3. Несовпадение оси поверхности Б с плоскостью, проходящей через оси поверхности А, не более...мм
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Отклонение от перпендикулярности оси поверхности А (или осей кондукторных втулок) к поверхности Г не более...мм на длине...мм. 2. Несовпадение оси поверхности А с осью поверхности Б (или поверхности Б) не более...мм. 3. Отклонение от перпендикулярности поверхности В к поверхности Г не более...мм на длине...мм
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Отклонение от перпендикулярности оси поверхности А (или осей кондукторных втулок) к поверхности Г не более...мм на длине...мм. 2. Несовпадение оси поверхности А с осью поверхности Б (или поверхности Б) не более...мм. 3. Отклонение от перпендикулярности поверхности В к поверхности Г не более...мм на длине...мм. 4. Отклонение от перпендикулярности плоскости, проходящей через оси поверхностей Б и Д к поверхности Г не более...мм на длине...мм

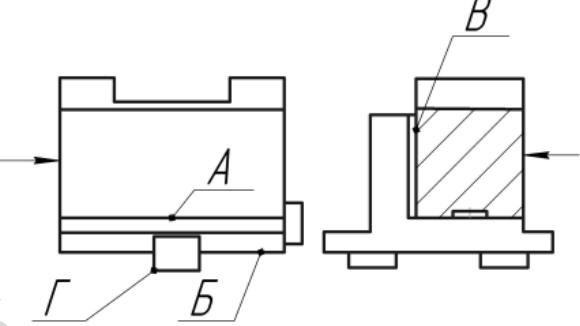
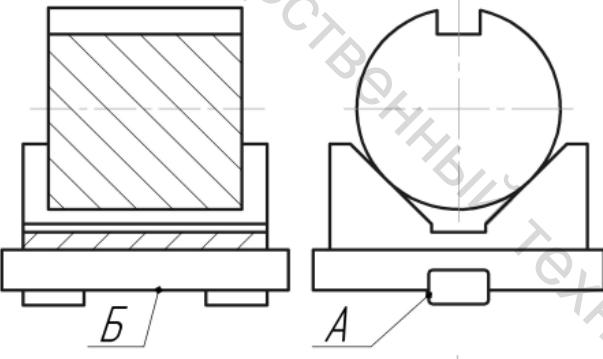
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Отклонение от перпендикулярности оси поверхности А (или осей кондукторных втулок) к поверхности Г не более... мм на длине... мм. 2. Несовпадение оси поверхности А с осью поверхности Б (или поверхностей Б) не более...мм. 3. Отклонение от перпендикулярности поверхности В к поверхности Г не более...мм на длине...мм. 4. Отклонение от параллельности плоскости, проходящей через оси поверхностей Б и Д, относительно поверхности Г не более...мм на длине...мм
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Отклонение от перпендикулярности оси поверхности А (или осей кондукторных втулок) к поверхности Б не более...мм на длине...мм. 2. Несовпадение оси поверхности А (или осей поверхностей А) с осью контрольного валика, установленного в призму не более...мм. 3. Отклонение от параллельности оси контрольного валика, установленного в призму, относительно поверхности Б не более...мм на длину...мм

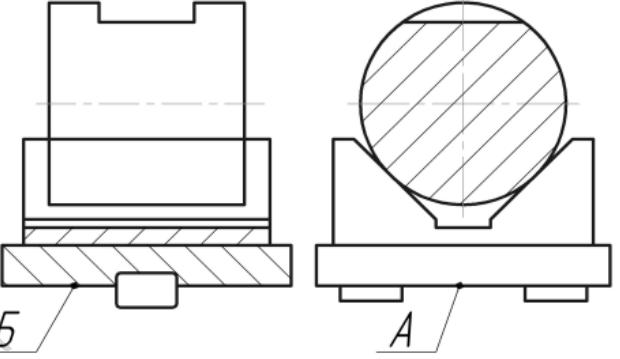
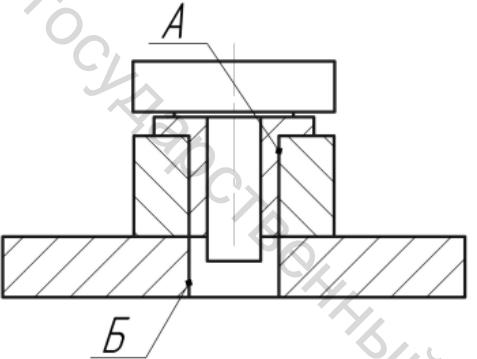
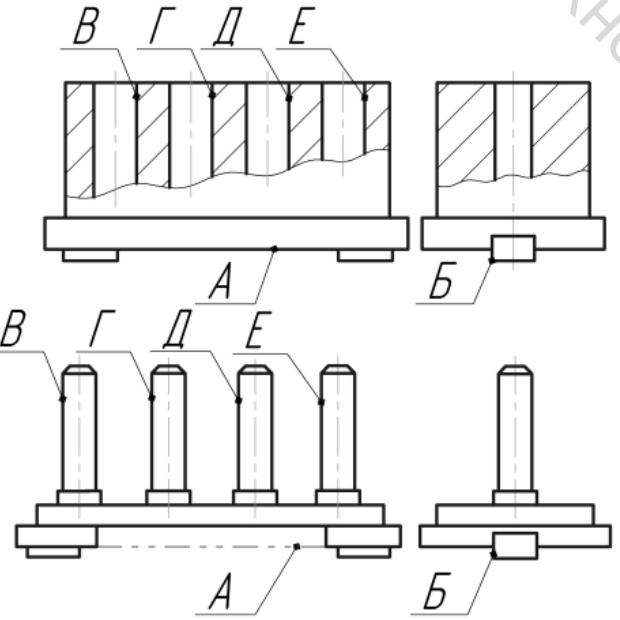
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Отклонение от перпендикулярности оси поверхности А (или осей кондукторных втулок) к поверхности Б не более...мм на длине...мм. 2. Отклонение от параллельности поверхности В относительно поверхности Б не более...мм на длине...мм. 3. Несовпадение оси поверхности А (или осей поверхностей А) с плоскостью симметрии призмы (или призм) не более...мм
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Отклонение от перпендикулярности оси поверхности А (или осей кондукторных втулок) к поверхности Б не более...мм на длине...мм. 2. Отклонение от параллельности поверхности В относительно поверхности Б не более...мм на длине...мм. 3. Несовпадение оси поверхности А (или осей поверхностей А) с плоскостью симметрии призмы (или призм) не более...мм

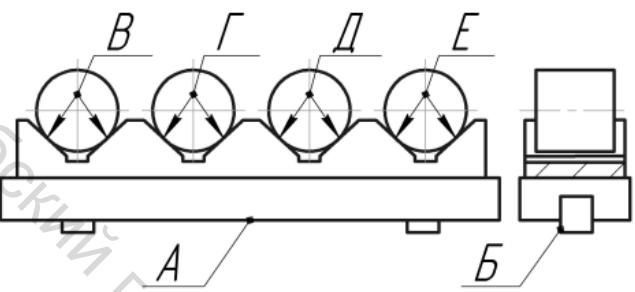
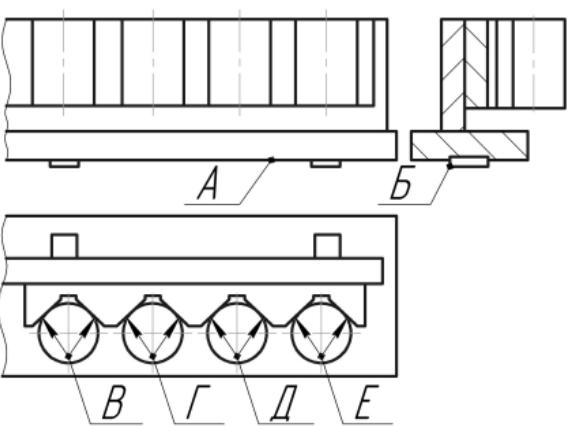
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Отклонение от перпендикулярности оси поверхности А (или осей кондукторных втулок) к поверхности Б не более...мм на длине...мм. 2. Отклонение от параллельности поверхности В относительно поверхности Б не более...мм на длине...мм. 3. Несовпадение оси поверхности А (или осей поверхностей А) с плоскостью симметрии призмы (или призм) не более...мм. 4. Разность размеров Г не более...мм на длине хода призм
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Отклонение от перпендикулярности оси поверхности А (или осей кондукторных втулок) к поверхности Б не более...мм на длине...мм. 2. Отклонение от параллельности поверхности В относительно поверхности Б не более...мм на длине...мм. 3. Несовпадение оси поверхности А (или осей поверхностей А) с плоскостью симметрии призмы (или призм) не более...мм

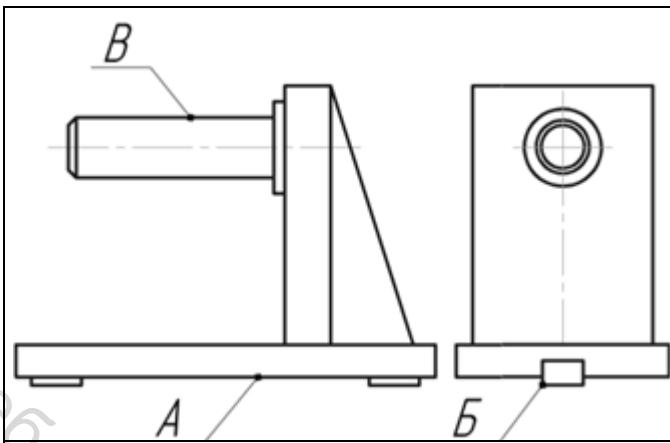
2. Приспособления к фрезерным, строгальным, плоскошлифовальным станкам

	<p>Отклонение от параллельности поверхности А относительно поверхности Б не более...мм на длине...мм</p>
	<p>1. Отклонение от параллельности поверхности А относительно поверхности Б не более...мм на длине...мм. 2. Отклонение от перпендикулярности поверхности В к поверхности Б не более...мм на длине...мм</p>
	<p>1. Отклонение от параллельности поверхности А относительно поверхности Б не более...мм на длине...мм. 2. Отклонение от параллельности поверхности В относительно поверхности Г не более...мм на длине...мм</p>

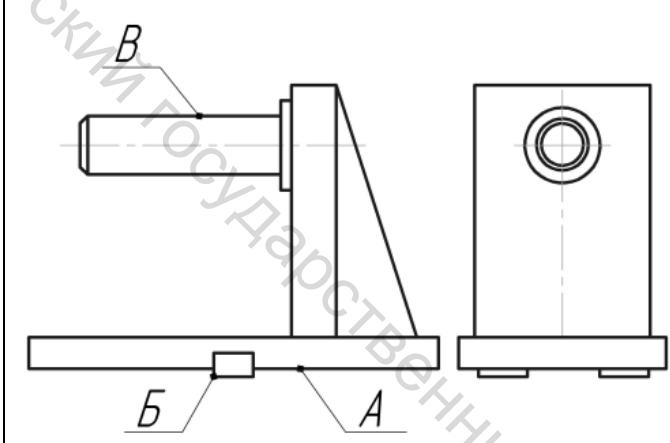
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Отклонение от параллельности поверхности А относительно поверхности Б не более...мм на длине...мм. 2. Отклонение от перпендикулярности поверхности В к поверхности Г не более...мм на длине...мм
	<p>Отклонение от параллельности оси контрольного валика, установленного на призму относительно поверхности Б (или А или Б и А), не более...мм на длине...мм</p>

	<p>1. Отклонение от параллельности оси контрольного валика, установленного в призму относительно поверхности Б (или А, или Б и А) не более...мм на длине...мм.</p> <p>2. Отклонение от перпендикулярности оси контрольного валика, установленного в призму, к поверхности Б не более...мм на длине...мм</p>
	<p>Отклонение от перпендикулярности оси поверхности А к поверхности Б не более...мм на длине...мм</p>
	<p>1. Отклонение от перпендикулярности осей поверхностей В, Г, Д, Е к поверхности А не более...мм на длине...мм.</p> <p>2. Несовпадение осей поверхностей Г и Д с плоскостью, проходящей через оси поверхностей В и Е, не более...мм.</p> <p>3. Отклонение от параллельности плоскости, проходящей через оси поверхностей В и Е, относительно поверхности Б не более...мм на длине...мм</p>

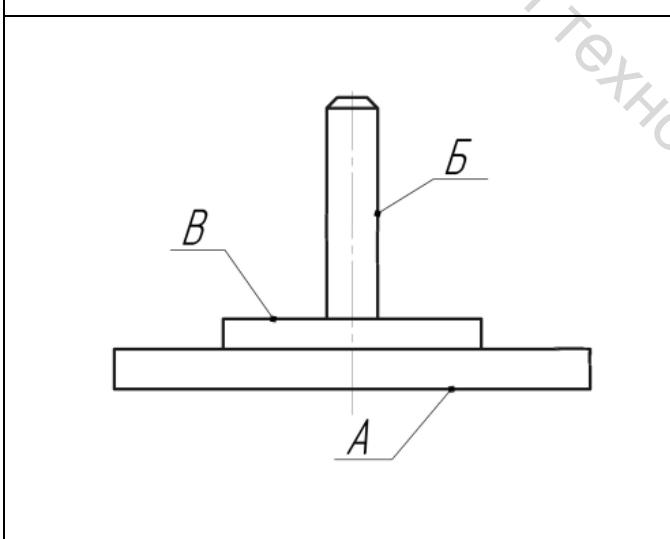
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Отклонение от параллельности плоскости, проходящей через оси контрольных валиков, установленных на поверхностях В и Е, относительно поверхности А не более...мм на длине...мм. 2. Несовпадение осей контрольных валиков, установленных на поверхности Г и Д, с плоскостью, проходящей через оси контрольных валиков, установленных на поверхности В и Е, не более...мм. 3. Отклонение от перпендикулярности осей контрольных валиков, установленных на поверхности В, Г, Д и Е, к поверхности А не более...мм на длине...мм
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Отклонение от параллельности плоскости, проходящей через оси контрольных валиков, установленных на поверхностях В и Е, относительно поверхности Б не более...мм на длине...мм. 2. Несовпадение осей контрольных валиков, установленных на поверхности Г и Д, с плоскостью, проходящей через оси контрольных валиков, установленных на поверхности В и Е, не более...мм. 3. Отклонение от перпендикулярности осей контрольных валиков, установленных на поверхности В, Г, Д и Е к поверхности А, не более...мм на длине...мм



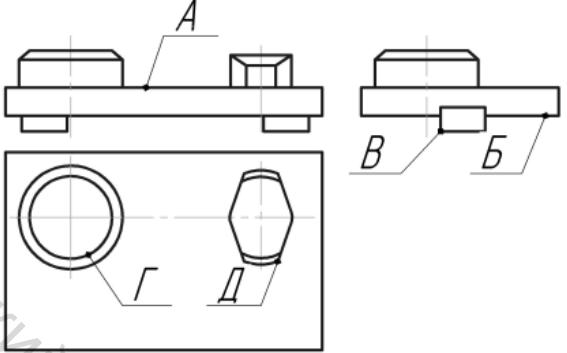
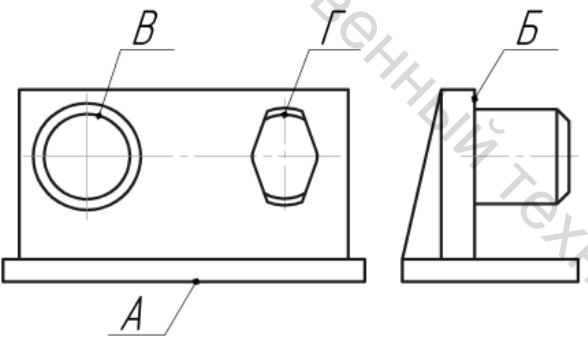
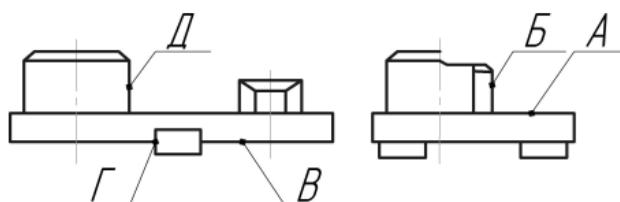
Отклонение от параллельности оси поверхности В относительно поверхности А (или Б или А и Б) не более...мм на длине...мм

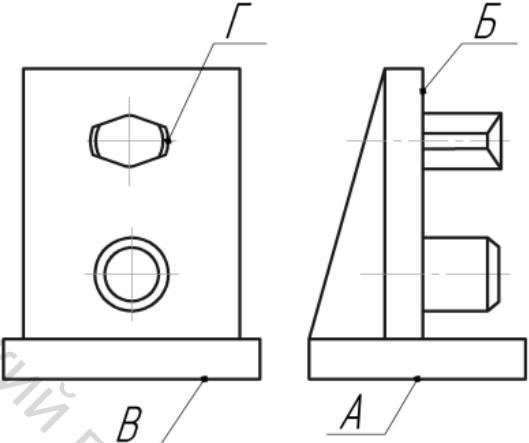
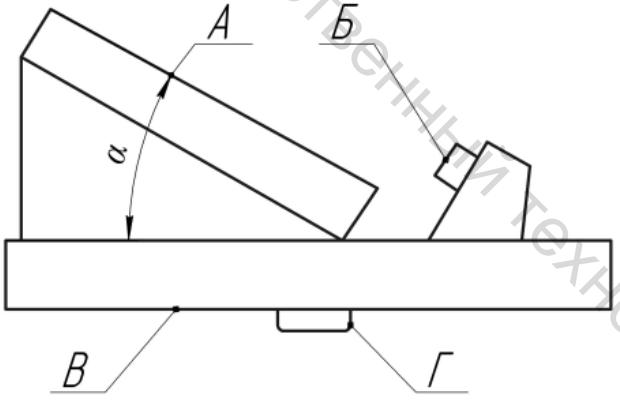
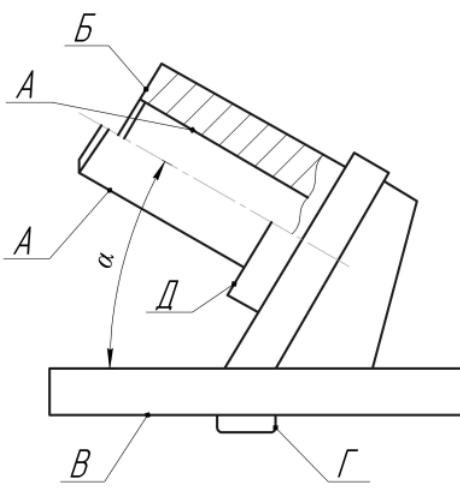


1. Отклонение от параллельности оси В относительно поверхности А не более...мм на длине...мм.
2. Отклонение от перпендикулярности оси поверхности В к поверхности Б не более...мм на длине...мм



Отклонение от перпендикулярности оси поверхности Б к поверхности А (или В или А и В) не более...мм на длине...мм

	<p>1. Отклонение от параллельности поверхности А относительно поверхности Б не более...мм на длине...мм.</p> <p>2. Отклонение от параллельности плоскости, проходящей через оси поверхностей Г и Δ, относительно поверхности В не более...мм на длине...мм</p>
	<p>1. Отклонение от перпендикулярности поверхности Б к поверхности А не более...мм на длине...мм.</p> <p>2. Отклонение от параллельности плоскости, проходящей через оси поверхностей В и Г, относительно поверхности А не более...мм на длине...мм</p>
	<p>1. Отклонение от параллельности поверхности А относительно поверхности В не более...мм на длине...мм.</p> <p>2. Отклонение от перпендикулярности плоскости, проходящей через оси поверхностей Δ и Б, к поверхности Г(В) не более ...мм на длине...мм</p>

	<ol style="list-style-type: none"> 1. Отклонение от перпендикулярности поверхности Б к поверхности А не более...мм на длине...мм. 2. Отклонение от перпендикулярности плоскости, проходящей через оси поверхностей Г и В, к поверхности Б(А) не более...мм на длине...мм
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Отклонение от параллельности поверхности Б относительно поверхности Г не более...мм на длине...мм. 2. Отклонение от параллельности плоскости А в сечениях параллельно поверхности Б относительно плоскости В не более...мм на длине...мм
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Отклонение от перпендикулярности оси поверхности А к поверхности Г не более...мм на длине...мм. 2. Отклонение от перпендикулярности оси поверхности А к поверхности Б не более...мм на длине...мм



Учебное издание

Беляков Николай Владимирович
Горохов Вадим Андреевич

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ
СБОРКИ МАШИН**

Учебное пособие

Корректор *Н.В. Медведева*
Компьютерная верстка *Н.В. Беляков*

Подписано к печати 25.05.17. Формат 60x84 1/16.
Усл. печ. листов 3.2. Уч.-изд. листов 6.0.
Тираж 99 экз. Заказ № 172.

Учреждение образования «Витебский государственный технологический университет» 210035, г. Витебск, Московский пр., 72.

Отпечатано на ризографе учреждения образования
«Витебский государственный технологический университет».

Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя печатных изданий № 1/172 от 12 февраля 2014 г.