

*«Если ты выстрелишь в прошлое из пистолета,
будущее выстрелит в тебя из пушки».*
Абуталиб Гафуров, народный поэт Дагестана

ВМЕСТО ПРЕДИСЛОВИЯ

В 1965 г. вышло второе издание книги Георгия Петровича Блока «Московляне»*. Вступительная статья к изданию была написана тогда ещё членом-корреспондентом Академии наук СССР Дмитрием Сергеевичем Лихачёвым. Дмитрий Сергеевич отметил следующее: «Мы живём в удивительном мире: всё совершаемое нами гораздо значительнее по своим последствиям, чем это нам представляется...

...Историю мы не только изучаем, но и творим – ежечасно и повсюду, хотели бы мы того или не хотели. Но, творя историю нашей страны, мы не всегда это осознаём. То, что кажется нам сейчас частным и мелким, в действительности есть дело общественное: иногда мелкое, но чаще крупное. История учит нас с ответственностью относиться ко всему, что мы совершаем, ко всей нашей жизни и к самим себе.

И ещё одно. Без прошлого нет будущего, ибо только оставляя позади себя прошлое, мы движемся вперёд. И тот, кто не знает прошлого, не может предвидеть будущее. Вспомните геометрию: через одну точку можно провести бесконечное множество линий, но через две точки можно провести только одну прямую. Одна точка в истории нам всегда известна – это настоящее. Чтобы линия нашего движения вперёд была нам известна, надо знать прошлое, надо найти в прошлом вторую точку, которая закрепила бы наше продвижение в будущее».

Отечественное учение о деталях машин начало формироваться около 160 лет назад. В 1859 г. профессор Петербургского технологического института Иван Алексеевич Вышнеградский издал книгу «Публичные лекции о машинах, читанные в зале пассажа И. Вышнеградским». В 1881 г. его ученик профессор Виктор Львович Кирпичёв написал первый русский курс под названием «Детали машин». Курс читался им в Петербургском технологическом практическом институте. Под руководством В.Л. Кирпичёва работали известные русские инженеры-механики (в последствии профессора) С. П. Тимошенко, Д. С. Зернов, И. И. Боборыков, Л. А. Асур, В. Э. Тир, М. М. Серебровский и др. В период с 1883 г. по 1902 г. учёными вузов России были выполнены работы по теории смазки подшипников скольжения, зубчатым, ремённым передачам, резьбовым соединениям и др. Среди них работы по новой теории трения Н. П. Петрова, распределению нагрузки по виткам резьбы Н. Е. Жуковского имеют мировое значение.

Возрастающая интенсивность работы машин, рост нагрузок, появление новых видов машин, материалов, технологических процессов ставили перед инженерами более высокие требования к разработке конструкций машин и их эксплуатации. Так возникло *конструктивное направление в области учения о деталях машин*. У истоков такого направления стояли профессора

* Блок, Г.П. Московляне. Историческая повесть : М., 1965.

МВТУ (Московского высшего технического училища) П. К. Худяков, А. И. Сидоров, А. П. Гавриленко и В. Г. Шухов.

Более 50 лет профессор Пётр Кондратьевич Худяков (1857–1936) вёл научно-педагогическую работу в МВТУ. В период с 1886 по 1900 гг. им были написаны капитальные труды по деталям машин, сопротивлению материалов, составлен атлас деталей машин и атлас конструктивных чертежей машин. По его инициативе были введены обязательные упражнения по курсам «Детали машин» и «Сопротивление материалов», что значительно повысило качество подготовки студентов. В 1928 г. П. К. Худякову было присвоено звание Героя Труда.

Анатолий Иванович Сидоров (1866–1931), также воспитанник МВТУ, в 1898 г. был утверждён профессором кафедры «Машиностроение» и параллельно с профессором П. К. Худяковым вёл курсы «Детали машин», «Сопротивление материалов» и «История техники». Им были написаны: «Детали машин», «Трубы и их соединения», «Задачи по деталям машин», «Основные принципы проектирования и конструирования машин» и составлен «Атлас конструктивных чертежей деталей машин». Много внимания А. И. Сидоров уделял вопросам связи теории с практикой. Он писал: «Конструктор должен быть хорошо знаком со всеми процессами изготовления и обработки проектируемых машин, сооружений или вообще всяких изделий. Без такого знакомства он может напроектировать таких деталей, которые будет или совсем невозможно отлить, отковать или обработать, или же обработка которых окажется неудобной, дорогой и продолжительной». В 1928 г. А. И. Сидорову было присвоено звание заслуженного деятеля науки и техники.

П. К. Худяков и А. И. Сидоров были основоположниками российско-советской школы деталей машин с её конструкторско-технологическим направлением.

Со стороны советского государства развитию механики всегда придавалось большое значение. Без инженерных кадров и научных исследований невозможно было создать в стране промышленность, укрепить оборону, обеспечить экономическую и продовольственную безопасность. В 1918 г. инициатива профессора Николая Егоровича Жуковского о создании в Советской России комплексного авиационного научного центра была поддержана Научно-техническим отделом ВСНХ РСФСР, председателем коллегии которого был Николай Петрович Горбунов, с 1935 г. по февраль 1938 г. – действительный член и неперменный секретарь Академии наук СССР. Первого декабря 1918 г. начал работать Центральный аэрогидродинамический институт (ЦАГИ). Возглавил ЦАГИ профессор Н. Е. Жуковский. В период с 1918 г. по 1932 г. в стране была создана сеть отраслевых научно-исследовательских институтов по машиностроению. В их числе: Экспериментальный институт путей сообщения (1918 г.), на базе которого в 1935 г. был организован НИИЖТ; Центральный научно-исследовательский дизельный институт – ЦНИДИ (1918 г.); Научная автомобильная лаборатория – НАЛ (1918 г.), на базе которой в 1920 г. был создан Научный автомобильный институт – впоследствии НАТИ (в 1946 г. разделён на НАТИ – тракторный и НАМИ – автомобильный институты); Московское отделение института металлов (1928 г.), которое в

1933 г. получило статус Центрального научно-исследовательского института машиностроения и металлообработки – ЦНИИТМАШ; Центральный институт авиационного моторостроения – ЦИАМ (1930 г.); Всероссийский институт механизации обобществлённого сельского хозяйства – в дальнейшем ВИМ (1930 г.); Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов – ВИАМ (1932 г.) и др.

В сентябре 1925 г. постановлением СНК СССР был создан общесоюзный орган в области стандартизации – Госстандарт, руководителем которого был назначен Валериан Владимирович Куйбышев. В число основных задач Госстандарта входило создание национального фонда технических регламентов и стандартов, а также исполнение функций контрольно-надзорной деятельности за соблюдением соответствия продукции требованиям технических регламентов.

Созданный в предвоенные годы научно-технический и кадровый потенциал по всему спектру специальностей машиностроения позволил создать в короткие исторические сроки мощную технику, необходимую для нужд армии, и стратегически важные запасы сырья и материалов. Отечественная война 1941–1945 гг. явилась суровым испытанием для всех народов Советского Союза. Консолидация всего народа вокруг необходимости защиты Отечества от беспощадного и жесткого врага, вера в правое дело борьбы и неизбежность победы в этой борьбе, вместе с чрезвычайными мерами, принятыми руководством СССР по мобилизации всех ресурсов и перестройке всей жизни страны на военный лад, позволили повернуть ход войны в свою пользу. В результате самоотверженного труда всего народа к концу 1942 г. наша страна опередила Германию по выпуску боевой техники. Например, ежемесячно выпускалось 2100 боевых самолётов и 2000 танков.

Победа СССР в Великой Отечественной войне сыграла выдающуюся роль в спасении человечества от фашизма и изменила весь ход его дальнейшей истории.

В 1940/41 учебном году в СССР обучалось в 3773 средних учебных заведениях 975 тыс. человек. Высшее образование было представлено 817 вузами, в которых обучалось 812 тыс. студентов. В 1949/50 гг. в стране произошло значительное уменьшение числа обучающихся – сказалось военное время. Но уже в 1956 г. в СССР в общеобразовательных школах обучалось более 30 млн. учащихся; в училищах системы школ трудовых резервов – 1,365 млн. человек; в техникумах и средних специальных учебных заведениях – 2,012 млн. человек; в 767 высших учебных заведениях обучалось более 2 млн. студентов.

В 1957 г. страна Советов запустила в космос первый искусственный спутник Земли. Событие потрясло весь мир и вызвало повышенный интерес к российской культуре, науке, образованию. Под впечатлением от этих событий в 1958 г. посетил СССР Степан Прокофьевич Тимошенко (1878–1972) – выпускник Петербургского института путей сообщения 1901-го года, проживавший в США с 1922 г., всемирно известный ученый в области прикладной механики, член многих национальных Академий, иностранный член АН СССР, почетный профессор многих крупнейших университетов мира. Результатом его поездки стала книга «Инженерное образование в России»

(1959 г.). Приведу его мнение об инженерном образовании в СССР: «Мое впечатление состоит в том, что в принципе Россия почти полностью вернулась к образовательной системе, которая существовала перед коммунистической революцией. Традиции старой школы оказались очень сильными, и с помощью остатков старых преподавательских кадров было возможно привести в порядок инженерное образование, разрушенное во время революции.

В настоящее время Россия имеет большое количество инженерных учебных заведений с компетентными преподавательскими кадрами и достаточным оборудованием, что даёт возможность будущим инженерам в процессе обучения получить необходимые знания. Разработаны особые программы подготовки инженеров-исследователей, а учебные специальности организованы по большинству отраслей. Таким образом, созданы благоприятные условия для будущего развития технических наук, и в настоящее время Россия занимает ведущее положение во всех подобных областях». Книга напоминает и об истории нашего инженерного образования, насчитывающей в этом году 315 лет (Указ Императора Петра I от 14-го января 1701 г. или 27го по новому стилю), и о бесценном опыте, связанном с многовековой традицией передачи знаний из поколения в поколение, который *является основным достоянием народа*. Принципы, заложенные в систему российского образования, были верными. Отраслевое функционирование науки и высшей школы России, их достижения оказали большое влияние на развитие всей промышленности страны.

Подчёркивая роль механики в осмыслении жизни на земле и далеко за её пределами, академик-секретарь Отделения проблем машиностроения, механики и процессов управления РАН Горимир Горимирович Чёрный в лекции, прочитанной в Московском политехническом музее 20 марта 2008 г., сказал: «Механика является научной основой большинства, если не всех, областей техники: промышленности, строительства, транспорта – сухопутного, водного, воздушного, космического, сельскохозяйственного производства, военной техники. И авиация, и артиллерия, и бронетехника, и надводные, и подводные суда, ракетная техника всех видов – от стратегических ракет до противотанковых и ещё меньшего калибра – всё это продукты механики».

Без труда инженеров и рабочих абсолютно невозможно использовать большинство достижений механики и других естественных наук: всё воплощается в жизнь через создание машин, изделий, оборудования, строительных объектов и материалов. Подтверждением тому являются достижения страны в космонавтике и ракетной технике, авиации, кораблестроении и судостроении, средствах ПВО, танкостроении, атомной энергетике, строительстве мощных гидроэлектростанций на реках Сибири, Останкинской башни в Москве и многом другом.

Опираясь на исторически сложившиеся отечественные традиции в передаче знаний науки о деталях машин, автор подготовил пособие по заявленному типу деталей, полагая, что оно будет полезно пользователям при разработке конкретной конструкции механического привода. Автор А.В. Тюняев.

*«Чем дальше от доски конструктора
обнаруживается ненадёжность,
тем дороже она обходится»*

А.А. Туполев

ВВЕДЕНИЕ

Учебник с названием «Детали машин» предназначен для студентов, изучающих аналогичный курс. Как правило, в учебнике больше внимания уделяется основам теории, критериям работоспособности, расчетам прочности и др. При конкретном конструировании деталей машин помимо сведений теоретического характера необходимы сборники, содержащие практические рекомендации по выбору материала деталей, элементов их конструкций, государственных стандарты, методические материалы для обоснования рационального варианта конструкции или её элемента. Такие материалы рассредоточены по справочной литературе, марочникам материалов, сборникам государственных и отраслевых стандартов, смежной учебной литературе, конструкторской документации.

Валы и оси – детали повышенной ответственности в механическом приводе. Конструкция таких деталей должна обеспечить её служебные свойства и быть технологичной.

Для создания качественной конструкторской документации конструктор должен обладать знаниями по изготовлению детали – от заготовки, механической обработки до контроля пригодности к сборке и сборке детали в изделие.

Цель пособия – помочь студентам в подготовке качественной конструкторской документации в курсовом и дипломном проектировании, научить применять государственные и отраслевые стандарты при проектировании деталей машин, способствовать развитию ответственности за принятые решения.

Глава 1. ВАЛЫ И ОСИ. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

1.1. КЛАССИФИКАЦИЯ ВАЛОВ

Валы – это детали машин, передающие вращательное движение и вращающий момент вдоль своей оси.

Оси – разновидность валов. Полезного вращающего момента не передают, служат для поддержания конструкций или вращающихся изделий и деталей, размещенных на них.

Лишь ограниченная часть валов (карданные, торсионные, гибкие) не поддерживает вращающиеся детали привода и передаёт только вращательное движение и вращающий момент.

Валы классифицируют по следующим признакам: *по назначению, по форме геометрической оси, по конструкции и форме.*

Валы по назначению подразделяют на *валы передач*, несущие зубчатые колёса, шкивы, звездочки и другие детали передач; *коренные валы*, на которых кроме деталей передач устанавливают рабочие органы машин, двигателей или орудий – диски турбин, зажимные патроны токарных и расточных станков, кривошипные и др.

По форме геометрической оси валы разделяют на *прямые, коленчатые, гибкие* (рисунки 1.1 и 1.2).

Прямые валы получили наибольшее распространение в конструкциях машин. Например, все виды транспортных, сельскохозяйственных, дорожно-строительных, подъёмно-транспортных машин в своих трансмиссиях используют прямые валы; прямые валы применяют также в электрических двигателях и генераторах, гидравлических двигателях, двигателях внутреннего сгорания, прокатных станах, редукторах и т. д.

Коленчатые валы применяют в машинах, в которых возвратно-поступательное движение преобразуется во вращательное (поршневые двигатели) или наоборот, когда вращательное движение преобразуется в возвратно-поступательное (компрессоры, поршневые насосы).

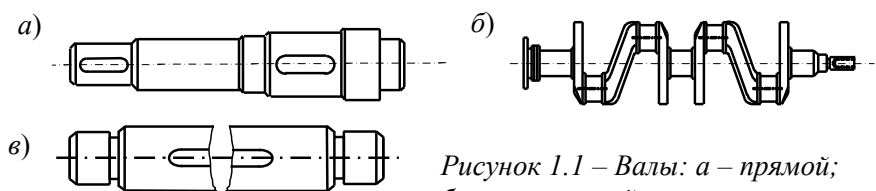


Рисунок 1.1 – Валы: а – прямой; б – коленчатый; в – трансмиссионный.

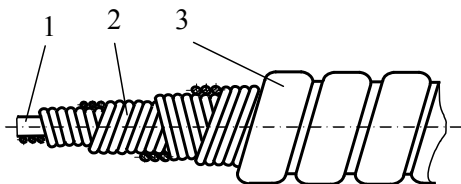


Рисунок 1.2 – Гибкий вал:
1 – сердечник; 2 – стальная проволока; 3 – защитный рукав.

Гибкие валы (рисунок 1.2) применяют для передачи вращательного движения и вращающего момента в приводе между агрегатами машины, имеющими относительное переменное положение при работе. Гибкий вал представляет собой конструкцию с металлическим сердечником 1, вокруг которого навиты крестовой свивкой несколько слоёв стальной проволоки 2 круглого сечения. Для защиты вала от воздействия внешней среды, удержания смазки, повышения безопасности эксплуатации вал помещают в металлический рукав 3. Концы гибкого вала соединены пайкой с резьбовыми хвостовиками, с помощью которых он соединяется с другими деталями механического привода. Конструкция таких валов позволяет получать высокую жёсткость при кручении и малую жёсткость при изгибе. Их широко применяют в разнообразных приводах электроинструментов, приборов, например, спидометрах и других приборах дистанционного управления и контроля.

Карданный вал входит в состав карданной передачи (рисунок 1.3). Карданные передачи с шарнирами неравных угловых скоростей включают карданный вал, в конструкции которого с обеих сторон имеются вилки 4 и 8. Ведущий вал и ведомый вал привода соединяются с вилками 1 и 10. Вилки сопрягаются с крестовиной 3 посредством игольчатых подшипников качения, закрытых крышками 2. Для защиты подшипников и шлицевого соединения от внешней среды в передаче предусмотрены уплотняющие устройства и защитный кожух 6, закрепленный хомутами 5 и 7. Для повышения долговечности трущиеся поверхности деталей передачи обеспечивают смазкой. Карданные валы проходят обязательную динамическую балансировку. Дисбаланс устраняется с помощью балансировочных пластин 9.

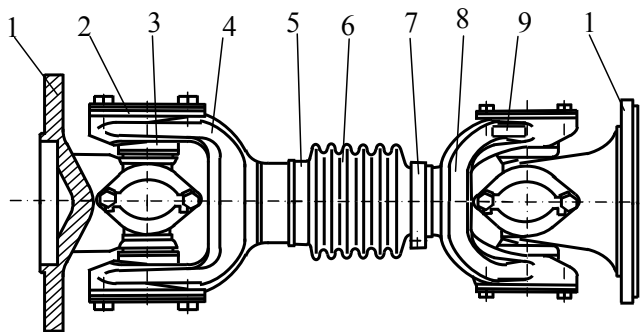


Рисунок 1.3 – Карданная передача:

- 1, 10 – вилки; 2 – крышка; 3 – крестовина; 4 – вилка с внутренними шлицами;
5, 7 – хомут; 6 – защитный кожух; 8 – вилка с наружными шлицами;
9 – балансировочная пластина.

Коленчатые, карданные и гибкие валы относятся к специальным изделиям, их изучают в специальных курсах.

По конструкции и форме прямые валы подразделяют на *гладкие* – постоянного поперечного сечения (например, трансмиссионные) и *ступенчатые* – переменного сечения (валы большинства передач, валы-червяки, валы-шестерни,

валы с фланцами, кулачковые валы и др.). В зависимости от служебных требований валы проектируют сплошного сечения, полые, шлицевые и профильные.

С технологической точки зрения простейшими являются валы постоянного диаметра. Однако такое очертание не соответствует характеру напряженности вала – переменному по его длине. Эпюры изгибающих моментов практически сходятся к нулю к концевым опорам вала, поэтому по условию прочности целесообразны валы переменного сечения. При одинаковой массе такие конструкции более выгодны, чем валы постоянного сечения. Кроме того, ступенчатые валы существенно упрощают и облегчают процессы сборки и разборки деталей, устанавливаемых на вал.

Конструктивные формы, различия в размерах и условия работы валов чрезвычайно разнообразны. Например, трансмиссионный вал большой длины имеет всего четыре ступени, две из которых меньшего диаметра расположены на концах вала; вал паровой турбины, имеющий 42 ступени; быстроходный вал типового редуктора средней размерности массой примерно 0,8 кг и вал шахтной машины массой 25000 кг [30].

В машиностроении отдельные элементы ступенчатого вала имеют принятые наименования. На рисунке 1.4 показан пример прямого ступенчатого вала с наименованиями его элементов.

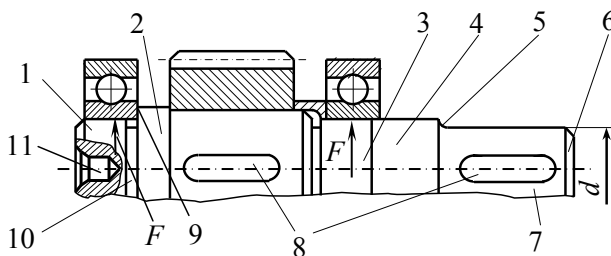


Рисунок 1.4 – Элементы ступенчатой конструкции вала:

1, 3 – шипы; 2 – буртик; 4 – шейка; 5 – галтель; 6 – фаска; 7 – головка (подступичный участок); 8 – шпоночный паз; 9 – заплечик; 10 – канавка; 11 – центровое отверстие.

Опорные места валов называют *цапфами*; концевые цапфы вала, на которых опорные реакции (F) перпендикулярны оси вращения, называют *шипами*, промежуточные опорные участки вала – *шейками*. Участки валов или осей, на которых закреплены вращающиеся детали, называют *подступичными*. *Переходной участок* вала между двумя смежными ступенями разных диаметров выполняют в виде *галтели* или *канавки* для выхода шлифовального круга. *Галтель* – это поверхность плавного перехода от одной цилиндрической (конической) поверхности вала к другой. Подшипник торцевой поверхностью внутреннего кольца сопрягается с заплечиком вала. Торцы осей и валов для облегчения установки на них деталей и предупреждения травм работающего персонала выполняют с фасками. С торцов по оси вала изготавливают для технологических целей центровые отверстия (ГОСТ 14034 «Отверстия центровые»); для полых

валов и осей и для валов с расточками предусматривают специальные технологические фаски.

1.2. ПРЯМЫЕ ВАЛЫ И ОСИ. ПРИМЕРЫ ПРИМЕНЕНИЯ В КОНСТРУКЦИЯХ МАШИН

Заданные служебные свойства машины обеспечиваются конструкциями её различных систем. Например, для обеспечения движения колёсного трактора вперед, назад, поворотов налево, направо, движения по неровной поверхности, преодоления препятствий в его трансмиссию включают различные агрегаты: фрикционные сцепления, коробки передач, раздаточные коробки, карданные передачи, ведущие мосты и др. В конструкциях этих агрегатов используют валы и оси.

Устанавливаемые на прямых валах детали могут жестко соединяться с валом, совершая только вращательное движение (рисунки 1.5–1.9).

На промежуточный вал коробки (рисунок 1.5) неподвижно установлены блок 2 и шестерни 4, 6, которые вместе с втулками 10 поджаты в осевом направлении внутренними кольцами подшипников качения, установленными на шип по посадке с натягом. Зазор в подшипниках регулируют с помощью комплекта прокладок 11. Конструкция вала предельно проста: она имеет всего два диаметральных перехода и расположенные в одной плоскости шпоночные пазы под сегментные шпонки на подступичном участке.

На рисунке 1.6 приведена конструкция одноступенчатого редуктора [30]. Корпус 1 с крышкой 2 составляют одно целое: они скреплены стяжными болтами 13 и зафиксированы от взаимного смещения штифтами 12. На прямые ступенчатые валы 3 (тихоходный) и 6 (быстроходный) установлены соответственно шпонки 19, 11, колесо 16 и шестерня 10. Опорами валов служат подшипники качения 7 и 18. С боков подшипники закрыты и фиксируются в осевом направлении сквозными 4, 14 и глухими 5 и 20 крышками, привернутыми к корпусу болтами 15. Необходимый зазор между торцами наружных колец подшипников качения и распорными втулками 8 и 17 достигается путём набора нужного количества компенсационных прокладок.

В этой конструкции валы имеют удобную с точки зрения сборки ступенчатую форму, что позволяет зубчатым колёсам и подшипникам качения занимать свои посадочные места без сопряжения с другими поверхностями вала. Для удобства сборки шестерни и колеса с валами и шпонками в конструкциях валов предусмотрены фаски, на которые одним концом выходят шпонки 11 и 19. Плоскость сопряжения крышки и корпуса проходит по горизонтальной диаметральной плоскости расточек под подшипники. При снятой крышке 2 такое решение обеспечивает легкую сборку редуктора.

На рисунке 1.7 приведены фрагменты привода двух агрегатов авиационного двигателя [14]. Необходимость минимизации массы деталей привода привела к замене традиционных валов с деталями передач на короткие, пустотелые валы-шестерни 2 и 7, шипы которых являются беговыми дорожками роликовых подшипников качения 11 и 16. Вал-шестерня 7 с подшипником 11, стаканом 9,

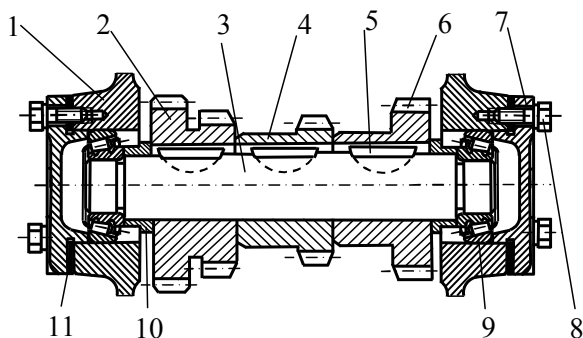


Рисунок 1.5 – Промежуточный вал с неподвижными шестернями:

1 – корпус редуктора; 2 – блок зубчатых колёс; 3 – вал; 4, 6 – зубчатые колёса; 5 – шпонка сегментная; 7 – крышка привёртная; 8 – болт крепления крышки; 9 – подшипник качения; 10 – втулка распорная; 11 – прокладки регулировочные.

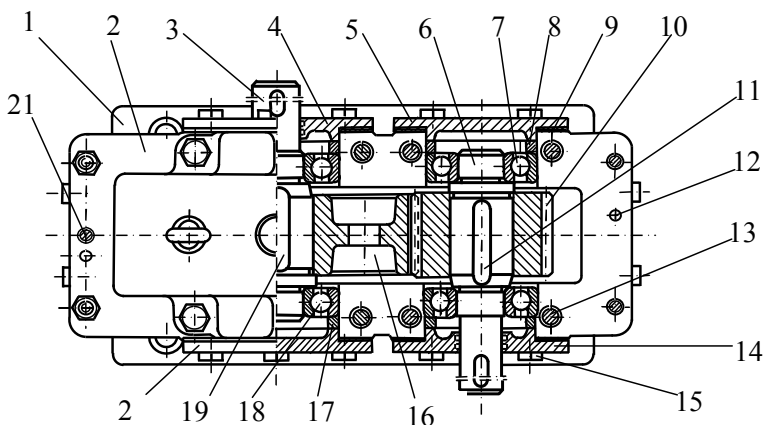


Рисунок 1.6 – Редуктор одноступенчатый:

1 – корпус редуктора; 2 – крышка в сборе; 3 – вал тихоходный; 4 – крышка сквозная тихоходного вала; 5 – крышка глухая; 6 – вал быстроходный; 7, 18 – подшипники качения; 8, 17 – втулки распорные; 9 – прокладки компенсационные; 10 – шестерня; 11, 19 – шпонки; 12 – штифт установочный; 13 – болты крепления крышки; 14 – крышка сквозная тихоходного вала; 15 – болты крепления боковых крышек; 16 – колесо; 20 – крышка глухая тихоходного вала; 21 – болт отжимной.

шариковым подшипником и крышкой 6 отдельно собираются в сборочную единицу, которая устанавливается затем в корпус 10. Аналогичным образом в правом агрегате собираются в сборочную единицу вал-шестерня 2, подшипник 16 со стаканом 17, подшипник 3, крышка 13, стопорное кольцо 4. Собранное изделие устанавливается в корпус 1. Передача вращательного движения и вращающего момента от левого агрегата к правому выполняется торсионным валом 5. Вал на своих концах имеет наружные шлицы, которые образуют шлице-

вое соединение с внутренними шлицами валов-шестерен 2 и 7. Продольные смещения вала ограничивают разрезные стопорные кольца 15. От внешней среды торсионный вал защищён кожухом 12.

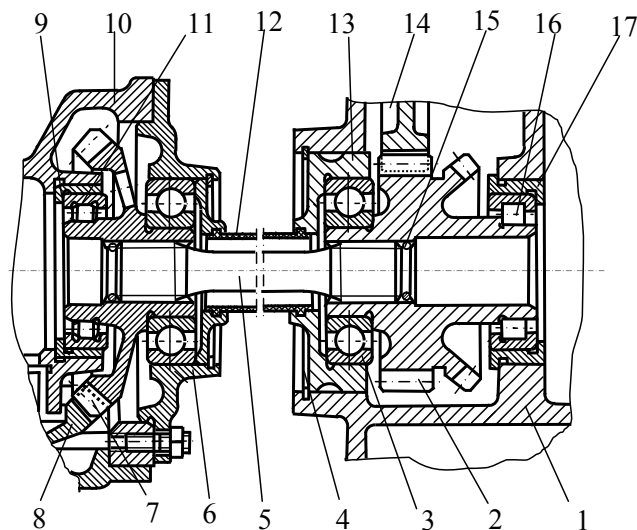


Рисунок 1.7 – Соединение агрегатов авиационного двигателя с помощью торсионного шлицевого вала:

1 – корпус агрегата; 2 – шестерня; 3 – подшипник качения; 4 – кольцо стопорное; 5 – торсионный вал; 6 – крышка левая; 7 – колесо коническое; 8 – шестерня; 9 – стакан подшипника; 10 – корпус; 11, 16 – подшипники качения; 12 – кожух защитный; 13 – крышка; 14 – колесо цилиндрическое; 15 – стопорное кольцо; 17 – стакан.

В других конструкциях детали, установленные на вал, помимо вращательного движения при необходимости должны перемещаться вдоль его оси.

На рисунке 1.8 приведен фрагмент трансмиссии трактора [31], включающий продольный разрез коробки перемены передач. Коробка передач имеет три вала: первичный вал 5; промежуточный – 12 и вторичный – 24. Первичный вал объединён с шестерней, которая с колесом 11 составляют прямую передачу. Вал приводится во вращательное движение с помощью фланца 6 через шлицевое соединение. Регулировку зазора между торцом наружного кольца подшипника 7 и крышкой 3 выполняют подбором толщины комплекта регулировочных прокладок 30. Детали, установленные на вал, затянуты гайкой 4, застопоренной отгибной шайбой.

Вторичный вал 24 расположен соосно с первичным, расточка в котором служит опорой для подшипника 29. Вторичный вал – отдельная сборочная единица. Подшипники качения 19, 22 с комплектом регулировочных колец 21 и корпусом 18 устанавливают на вал с упором в торец конической шестерни. Зубчатые колёса 23, 25, 26, 27 устанавливают на шлицевой участок вала. Все детали в осевом направлении затянуты корончатой гайкой 28, навинчиваемой

на участок вала с резьбой. По условиям работы главной передачи, включающей шестерню 20 и коническое колесо, подшипники качения 19, 22 необходимо устанавливать с заданным предварительным натягом, который достигается при сборке вторичного вала путём подпора толщины регулировочных колец 21.

На шлицевый промежуточный вал 12 установлены колесо прямой передачи 11 и блоки шестерен (каетки) 13, 14, 15, перемещаемые вдоль оси вала для включения нужной передачи. Зазор между крышкой 10 и торцом наружного кольца подшипника подбирают регулировочными прокладками. Сборку вала выполняют через верхний люк картера 1.

Сравнивая рассматриваемую конструкцию коробки перемены передач с предыдущей конструкцией редуктора (рисунок 1.6), следует отметить более высокую сложность сборки изделия. Это необходимо учитывать при разработке конструкций валов и назначении посадок и вида сопряжений его поверхностей с другими деталями.

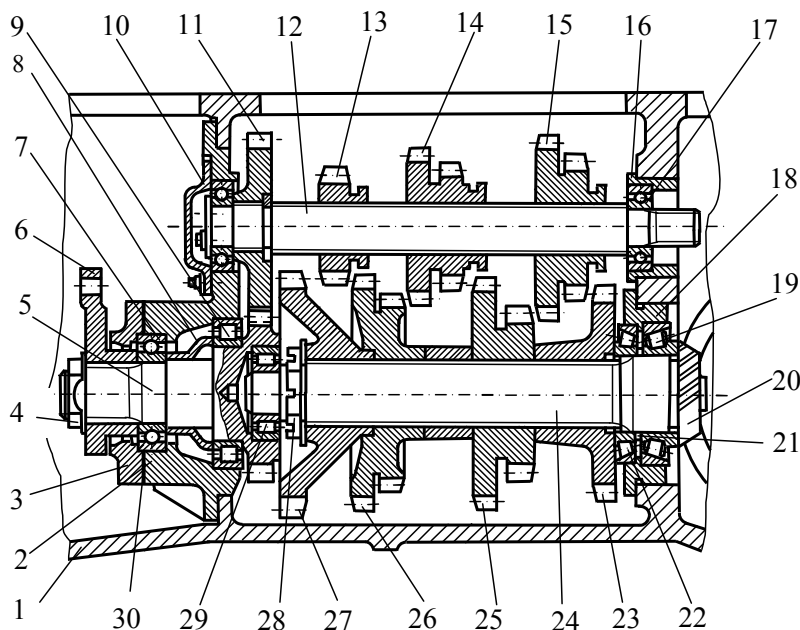


Рисунок 1.8 – Фрагмент трансмиссии трактора:

1 – картер; 2 – крышка картера; 3 – крышка подшипника; 4 – гайка; 5 – первичный вал; 6 – фланец; 7 – подшипник шариковый; 8 – стакан распорный; 9 – подшипник роликовый; 10 – крышка; 11 – колесо прямой передачи; 12 – вал промежуточный; 13, 14, 15 – каретки; 17 – втулка; 18 – корпус подшипников; 19 – подшипник роликовый конический; 20 – ведущая коническая шестерня; 21 – комплект регулировочных колец; 22 – подшипник роликовый конический; 23, 25, 26, 27 – зубчатые колёса вторичного вала; 24 – вторичный вал; 28 – гайка корончатая; 29 – подшипник роликовый; 30 – комплект регулировочных прокладок.

На рисунке 1.9 приведен пример конструкции двойной центральной передачи колёсного трактора [36]. В этом редукторе валы (10, 24 и 29) при работе находятся в сложном напряженном состоянии. На них действуют переменные по величине нагрузки со стороны технологического агрегата и динамические нагрузки, вызванные изменением препятствия движению колёс трактора по дорожному покрытию или почве. Помимо этого валы испытывают динамические нагрузки, связанные с точностью изготовления передач, их монтажом и деформациями от действия внешних нагрузок. Такие условия работы агрегата требуют повышенной жесткости и точности изготовления валов, высокой надежности передачи вращательного движения и вращающего момента. Потому валы 10 и 24 выполнены как валы-шестерни, а коническое колесо быстроходной ступени с целью экономии материала отделено от вала; оно установлено на посадочную цилиндрическую поверхность и соединено с валом заклёпками. В конструкцию рассматриваемой центральной передачи встроен дифференциал. Дифференциал распределяет подводимый к нему вращающий момент между колёсами трактора и позволяет полуосевым шестерням 6 и 30, кинематически связанными друг с другом сателлитами 27, вращаться с одинаковыми либо с разными угловыми скоростями. Такое конструктивное решение привело к тому, что тихоходный вал редуктора трансформировался в корпус дифференциала, состоящий из двух половин 5 и 29. На них с помощью стяжных болтов 33 закреплено колесо 34 косозубой передачи.

Вал-шестерня 10 имеет шлицевый участок и участок вала с резьбой, на которые соответственно устанавливается фланец 16 и навинчивается корончатая гайка 17. Через фланец передаётся вращательное движение валу 10. Установленные на вал детали (фланец, шайба, подшипники качения 13 и 21, регулировочные кольца 19, распорная втулка 20), с помощью корончатой гайки 17 стянуты в одно целое. Это придаёт дополнительную жёсткость валу и улучшает условия работы конического зацепления. Направление линии зуба в коническом зацеплении необходимо назначить таким, чтобы осевая нагрузка при движении трактора вперед воспринималась подшипником качения 21, имеющим большую динамическую грузоподъёмность. При этом деформация деталей, установленных на вал, от действия осевой нагрузки будет увеличивать зазор в зацеплении конической передачи и способствовать более благоприятному распределению нагрузки по профилям сопрягающихся зубьев. При движении машины назад осевая нагрузка будет восприниматься подшипником 13, профили зубьев в зацеплении будут сближаться, их условия работы ухудшатся. Поэтому подшипники качения следует устанавливать с необходимым предварительным натягом. Достигается такая регулировка с помощью подбора прокладок 11 и 19. Правильность регулировки устанавливают по величине момента сопротивления проворачиванию вала-шестерни 10, которая составляет $1,0 \dots 4,0 \text{ Н}\cdot\text{м}$ [36]. Эта регулировка влияет на зазор в зацеплении конической передачи, поэтому окончательный необходимый зазор в зацеплении достигается перестановкой регулировочных шайб 9 с левого 7 фланца гнезда подшипника на правый – 22 или наоборот. При такой регулировке суммарное количество регулировочных шайб 9 следует сохранить, так как оно определяет отрегулированный зазор в подшип-

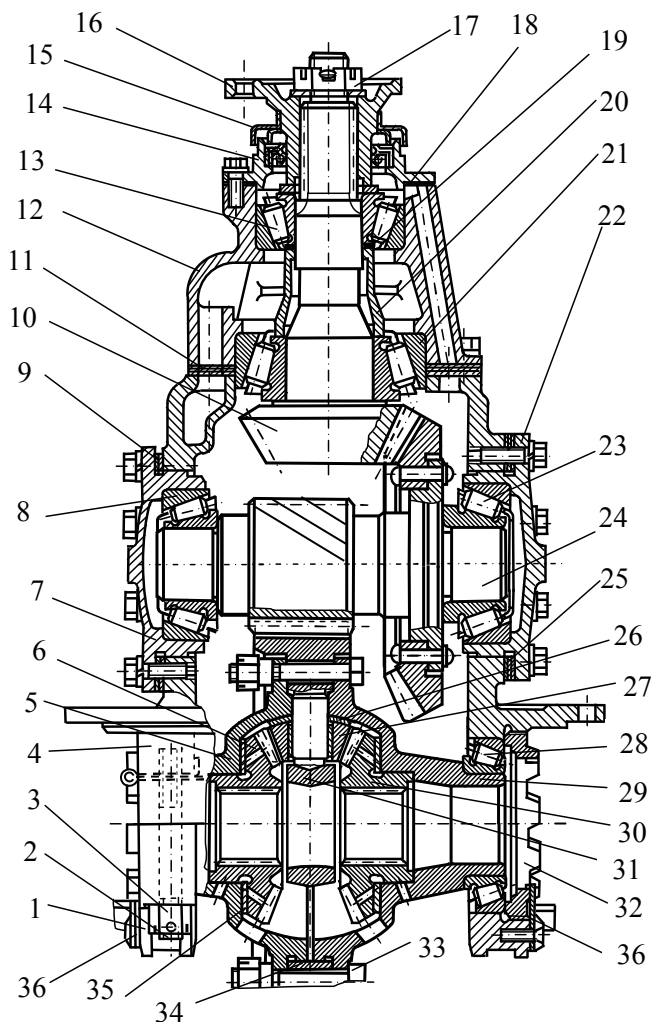


Рисунок 1.9 – Двойная центральная передача колёсного трактора:

1 – крышка подшипника; 2 – шпилька крепления крышки; 3 – гайка крепления крышки; 4 – корпус редуктора; 5 – левая часть корпуса дифференциала; 6 – левая полуосевая шестерня; 7 – левый фланец гнезда подшипника; 8, 23 – подшипники цилиндрической передачи; 9, 11, 19, 25 – наборы регулировочных прокладок; 10 – вал-шестерня конической передачи; 12 – корпус передний; 13, 21 – подшипники конической передачи; 14 – крышка с манжетными уплотнениями в сборе; 15 – лабиринтное уплотнение; 16 – фланец; 17 – гайка; 18 – прокладки уплотняющие; 20 – втулка распорная; 22 – правый фланец гнезда подшипника; 26 – опорная шайба сателлита; 27 – сателлит; 28 – подшипник; 29 – правая часть корпуса дифференциала; 30 – шестерня правой полуоси; 31 – крестовина; 32 – гайка регулировочная; 33 – болт стяжной; 34 – колесо цилиндрической передачи; 35 – опорная шайба полуосевой шестерни; 36 – стопорная пластина.

Конец ознакомительного фрагмента.

Приобрести книгу можно

в интернет-магазине

«Электронный универс»

e-Univers.ru