



БРЯНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ МАШИНОСТРОЕНИЯ

УЧЕБНИК И ПРАКТИКУМ ДЛЯ ПРИКЛАДНОГО БАКАЛАВРИАТА

Под общей редакцией **А. В. Тотая**

Рекомендовано Учебно–методическим отделом высшего образования в качестве учебника для студентов высших учебных заведений, обучающихся по инженерно–техническим направлениям и специальностям

Книга доступна в электронной библиотечной системе
biblio-online.ru

Москва ■ Юрайт ■ 2015

УДК 621(075.8)
ББК 34.4я73
О75

Ответственный редактор:

Тотай Анатолий Васильевич — доктор технических наук, профессор, почетный работник высшего профессионального образования Российской Федерации, заведующий кафедрой «Безопасность жизнедеятельности и химия» Брянского государственного технического университета.

Рецензенты:

Киричек А. В. — доктор технических наук, профессор, проректор по научной работе Юго-Западного государственного университета (г. Курск);

Степанов Ю. С. — доктор технических наук, профессор, директор Научно-образовательного центра нанотехнологий Государственного университета — учебно-научно-производственного комплекса (г. Орел).

О75 **Основы технологии машиностроения** : учебник и практикум для прикладного бакалавриата / под общ. ред. А. В. Тотая. — М. : Издательство Юрайт, 2015. — 239 с. — Серия : Бакалавр. Прикладной курс.

ISBN 978-5-9916-4815-8

В учебнике представлены все основные разделы курса, обеспечивающие подготовку обучающихся к освоению отраслевых технологий обрабатывающих производств.

Даны понятия и определения производственного процесса и характеристика машиностроительного производства, принципы проектирования технологических процессов сборки и их размерно-точностной анализ. Изложены теория базирования заготовок и причины возникновения погрешностей при обработке заготовок. Выделены основные направления технологического обеспечения качества поверхностного слоя деталей машин и способы улучшения их эксплуатационных свойств. Описаны вопросы проектирования процессов обработки для различных типов производств, способы их нормирования и оценки себестоимости изготовления продукции. Рассмотрены конкретные примеры расчетов, сформулированы задачи для самостоятельного решения и контрольные вопросы.

Соответствует актуальным требованиям Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования.

Для студентов высших учебных заведений, обучающихся по программе прикладного бакалавриата по направлениям: «Автоматизация технологических процессов и производств», «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств», «Энергетическое машиностроение», «Техносферная безопасность», «Управление качеством».

УДК 621(075.8)
ББК 34.4я73

ISBN 978-5-9916-4815-8

© Коллектив авторов, 2015
© ООО «Издательство Юрайт», 2015

Оглавление

Авторский коллектив	6
Предисловие	7
Введение	9
Глава 1. Основные понятия и определения	11
1.1. Изделие и его элементы	11
1.2. Производственный и технологический процессы	16
1.3. Характеристика машиностроительного производства.....	19
1.4. Технологичность конструкции изделий машиностроения	23
<i>Контрольные вопросы и задания</i>	29
Глава 2. Разработка технологического процесса сборки машин	30
2.1. Значение сборочных процессов в машиностроении	30
2.2. Размерно-точностной анализ в технологии сборки	33
2.2.1. Основные термины и определения	33
2.2.2. Методы обеспечения точности замыкающего звена размерной цепи.....	36
2.2.3. Выбор метода достижения точности замыкающего звена размерной цепи	44
2.3. Методика и последовательность проектирования технологических процессов сборки	51
<i>Контрольные вопросы и задания</i>	56
Глава 3. Базирование заготовок при механической обработке	57
3.1. Степень свободы при базировании	57
3.2. Классификация баз	59
3.3. Схемы базирования.....	63
3.4. Погрешности установки заготовки	70
3.5. Выбор технологических баз.....	74
<i>Контрольные вопросы и задания</i>	76
Глава 4. Технологическое обеспечение точности механической обработки.....	77
4.1. Общие положения	77
4.2. Погрешности обработки и факторы, влияющие на их формирование	79
4.2.1. Погрешности обработки, вызванные геометрическими погрешностями станка	79
4.2.2. Погрешности обработки, вызванные упругими деформациями технологической системы от силы резания	81
4.2.3. Погрешности обработки, вызванные размерным износом режущего инструмента	83
4.2.4. Погрешности обработки, вызванные температурными деформациями технологической системы.....	84
4.2.5. Погрешности обработки, вызванные неточностью мерного режущего инструмента и применяемой схемы обработки	86

4.2.6. Погрешность настройки технологической системы на выполняемый размер.....	86
4.2.7. Погрешности обработки, возникающие на станках с числовым программным управлением (ЧПУ)	88
4.3. Расчетно-аналитический метод определения суммарной погрешности обработки.....	89
4.4. Статистические методы исследования точности обработки.....	93
4.4.1. Применение методов теории выборок	93
4.4.2. Определение закона распределения показателей качества.....	96
4.4.3. Индексы воспроизводимости технологического процесса.....	99
4.4.4. Статистическое управление точностью заготовок при механической обработке	101
4.5. Экономическая точность обработки.....	104
4.6. Пути и резервы повышения точности механической обработки.....	105
<i>Контрольные вопросы и задания</i>	108
Глава 5. Технологическое обеспечение качества поверхностного слоя деталей машин	110
5.1. Формирование и строение технологического поверхностного слоя	110
5.2. Геометрические характеристики поверхностного слоя	113
5.3. Физико-химическое состояние поверхностного слоя.....	117
5.4. Взаимосвязь параметров качества поверхностного слоя с технологией обработки.....	124
5.5. Влияние качества поверхностного слоя на эксплуатационные свойства изделий.....	146
5.6. Понятие о технологической наследственности.....	152
5.7. Современный подход к технологическому обеспечению качества поверхностного слоя и эксплуатационных показателей деталей машин.....	153
<i>Контрольные вопросы и задания</i>	155
Глава 6. Припуски на механическую обработку	157
6.1. Формирование припусков на механическую обработку. Общие положения	157
6.2. Опытно-статистический метод определения припусков	159
6.3. Расчетно-аналитический метод определения припусков	164
<i>Контрольные вопросы и задания</i>	167
Глава 7. Основы технического нормирования	168
7.1. Общие положения.....	168
7.2. Структура технически обоснованной нормы времени	169
7.3. Технологическая себестоимость и методы ее определения	172
7.4. Установление квалификации работ производственного персонала при реализации технологического процесса	175
<i>Контрольные вопросы и задания</i>	176
Глава 8. Проектирование технологических процессов обработки заготовок	177
8.1. Основные этапы разработки технологических процессов	177
8.2. Принципы построения операций механической обработки	181
8.3. Размерный анализ технологических процессов механической обработки.....	183
8.3.1. Размерные связи, возникающие на этапе установки заготовки.....	183
8.3.2. Размерные связи, возникающие в процессе настройки станка	185
8.3.3. Размерный анализ технологических процессов.....	190
8.3.4. Особенности расчета размерных цепей, у которых замыкающим звеном является припуск на обработку	193

8.4. Типизация технологических процессов	195
8.5. Групповые технологические процессы	197
8.6. Основы модульных технологий	199
<i>Контрольные вопросы и задания</i>	201
Практикум по основам технологии машиностроения	202
1. Размерно-точностной анализ в технологии сборки	202
2. Расчет погрешности базирования	207
3. Технологическое обеспечение точности механической обработки	210
4. Взаимосвязь параметров качества поверхностного слоя с технологией обработки	214
5. Расчет припусков на механическую обработку	221
6. Основы технического нормирования	223
7. Размерный анализ технологических процессов механической обработки	227
Литература	231
Приложения	233
Критические точки распределения Стьюдента	233
Критические точки распределения Пирсона	234
Критические точки распределения Фишера	235
Критические точки распределения Кохрена	236
Функция Лапласа	237
Допуски для размеров до 500 мм	238
Интегральная функция нормированного закона Релея	239

Авторский коллектив

Тотай Анатолий Васильевич — доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Безопасность жизнедеятельности и химия» Брянского государственного технического университета (предисловие; введение; гл. 5: 5.1—5.4, 5.6, 5.7; гл. 7; практикум: 4, 6);

Бишутин Сергей Геннадьевич — доктор технических наук, профессор кафедры «Автомобильный транспорт» Брянского государственного технического университета (гл. 4: 4.1—4.3, 4.5, 4.6; гл. 6; практикум: 3, 5);

Горленко Олег Александрович — доктор технических наук, профессор кафедры «Управление качеством, стандартизация и метрология» Брянского государственного технического университета (гл. 2: 2.2; гл. 3; гл. 4: 4.4; гл. 8: 8.3; практикум: 1, 2, 7; приложения);

Прокофьев Александр Николаевич — доктор технических наук, профессор, первый проректор по учебной работе Брянского государственного технического университета (гл. 2: 2.1, 2.3; гл. 8: 8.1, 8.2, 8.4—8.6);

Федонин Олег Николаевич — доктор технических наук, профессор, ректор Брянского государственного технического университета (гл. 1; гл. 5: 5.5; гл. 9: 9.4; практикум: 4).

Предисловие

Посвящается юбилею создания
Брянского государственного
технического университета.

Машиностроение является важнейшей отраслью промышленности, продукция которого должна обеспечивать все сферы народного хозяйства производительным, надежным и экономичным оборудованием.

В какой бы отрасли промышленности ни работал инженер-технолог, проектирование технологических процессов, инструментов и оснастки на высоком научном уровне требует глубоких знаний основ технологии машиностроения.

Одной из пострадавших отраслей народного хозяйства России в период перехода к рыночной экономике является машиностроение. В 90-е гг. прошлого столетия обрабатывающие производства практически не имели возможности обновления станочного парка, инструментальной и технологической оснастки. Резко сократился приток на предприятия выпускников вузов машиностроительного профиля, что наглядно выразилось в нарушении преемственности работников технологических служб, и к началу XXI столетия образовался острый дефицит специалистов, способных проектировать технологические процессы, отвечающие требованиям сегодняшнего дня.

Наметившаяся в последние годы тенденция к модернизации машиностроительного комплекса требует обеспечения технических вузов современной учебной литературой, отвечающей задачам подготовки специалистов технологических направлений.

Перечисленные предпосылки определили структуру и содержание данного учебника, в котором в достаточно компактной форме изложены базовые вопросы основ технологии машиностроения, освоив которые студент подготовлен к изучению отраслевых технологических дисциплин.

Представленный материал позволяет освоить основные компетенции дисциплины, рекомендуемые как стандартами третьего, так и четвертого поколения.

Большое внимание в учебнике уделено практическим примерам и заданиям для самостоятельного решения и освоения основ технологии машиностроения.

Поставленные в конце каждой главы контрольные вопросы и задания дают студенту возможность увереннее подготовиться к аттестации по данной дисциплине.

В результате изучения материала учебника «Основы технологии машиностроения» бакалавр должен:

знать

- основные понятия и определения элементов машиностроительного производства;

- теоретические основы размерно-точностного анализа сборочных процессов;
- правила базирования заготовок или изделий при выполнении технологических операций;
- методы технологического обеспечения точности механической обработки;
- закономерности формирования параметров состояния поверхностного слоя деталей машин и их влияния на эксплуатационные свойства изделий;
- принципы проектирования технологических процессов обработки заготовок;

уметь

- оценивать технологичность конструкций изделий;
- разрабатывать технологические процессы сборки изделий;
- выбирать базовые поверхности заготовок различных классов деталей;
- применять статистические методы анализа точности обработки;
- прогнозировать геометрические и физико-механические характеристики поверхностного слоя деталей машин после различных технологических методов обработки;
- рассчитывать припуски на обработку технологических поверхностей;
- разрабатывать технологические процессы механической обработки деталей для различных типов производств;

владеть

- количественными методами определения типа машиностроительного производства;
- способами расчета погрешностей базирования и установки;
- навыками технологического обеспечения эксплуатационных показателей деталей машин;
- методами нормирования технологических операций.

Издание учебника подготовлено в соответствии с актуальными требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) для студентов бакалавриата по направлениям подготовки: «Автоматизация технологических процессов и производств», «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств», «Энергетическое машиностроение», «Техносферная безопасность», «Управление качеством».

Настоящий учебник написан коллективом авторов Брянской научной технологической школы, основанной профессором Э. В. Рыжовым на рубеже 60—70-х гг. прошлого столетия и, как мы надеемся, внесет определенный вклад в развитие технологии машиностроения и будет способствовать подготовке квалифицированных специалистов для отечественной промышленности.

Введение

Развитие технологии машиностроения как науки происходило параллельно с совершенствованием искусства металлообработки в течение последних трех столетий.

-
- **Технология** (греч. *techne* — искусство, мастерство; *logos* — наука, учение) **машиностроения** — это наука об изготовлении машин требуемого качества, количества в заданные сроки при наименьшей себестоимости.
-

Русским механиком М. В. Сидоровым в 1711 г. на Тульском оружейном заводе был создан станок для сверления оружейных стволов. В тот же период А. К. Нартов изобрел суппорт для токарного станка и первый зуборезный станок.

К тому же времени относится деятельность гениального русского ученого М. В. Ломоносова (1711—1765), который спроектировал и изготовил сферотокарный и шлифовальный станки. Изобретатель паровой машины И. И. Ползунов (1728—1764) смастерил расточной станок.

Начало изучению способов обработки заготовок, обеспечивающих получение готового изделия, положил в 1804 г. академик В. М. Саверин. Он сформировал фундаментальные положения о технологии и определил ее как науку о ремеслах и заводах.

В 1819 г. профессором Московского университета И. А. Двигубским была издана книга «Начальные основания технологии, как краткое описание работ на заводах».

Профессором И. А. Тиме в 1885 г. выпущен в свет капитальный трехтомный труд «Основы машиностроения», в котором сформулированы основные положения о резании металлов, многие из которых считаются справедливыми до наших дней. В труде профессора А. П. Гавриленко «Технология металлов» изложены теоретические основы технологии металлообработки.

Из зарубежных ученых XIX столетия следует отметить К. Кармаша, который опубликовал труды «Введение в механическое учение технологии», «Основы механической технологии» и «Справочник по механической технологии».

Американец Ф. У. Тейлор в работе «Искусство обработки металлов» сформулировал ряд важных положений по механической обработке резанием (1900 г.).

Формирование современного состояния научных основ технологии машиностроения началось в 30-е гг. XX столетия и продолжает развиваться благодаря трудам отечественных и зарубежных ученых: Б. С. Балакшина, Б. М. Базрова, А. М. Дальского, П. Е. Дьяченко, М. Е. Егорова, В. С. Корсакова, В. М. Кована, И. М. Колесова, А. А. Маталина, С. П. Митрофанова, Э. В. Рыжова, А. П. Соколовского, Э. А. Сателя, Ю. М. Соломенцева,

А. Г. Сулова, П. И. Ящерицина, Г. Ф. Мичелетти, Г. Опитца, Я. Пекленика, Т. Сага, Г. Шпура и других.

Поставленные в последние годы руководством государства задачи по модернизации всего народнохозяйственного комплекса и созданию 25 млн высокотехнологичных рабочих мест невозможно решать без подъема уровня машиностроения. Достижению этой цели должно способствовать обеспечение притока инженерных кадров, вооруженных современными знаниями способов изготовления машин, не уступающих своими техническими характеристиками лучшим мировым образцам.

Глава 1

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

После изучения данной главы студент должен:

знать

- определение изделия машиностроительной продукции и его элементов;
- характеристику производственного и технологического процесса;
- различия между такими понятиями, как объем выпуска, программа выпуска и производственная партия;
- количественные методы определения типа машиностроительного производства;
- определения технологической операции и ее составляющих;

уметь

- формулировать основные особенности поточного производства;
- рассчитывать такт и ритм для условий крупносерийного и массового производства;
- давать характеристику гибким производственным системам;

владеть

- методами описания структуры различных технологических операций;
 - принципами выбора технологического оснащения для различных типов машиностроительного производства.
-

1.1. Изделие и его элементы

Создание машины как изделия машиностроительного предприятия является результатом сложного производственного процесса, в течение которого материалы и полуфабрикаты, поступающие на предприятие, становятся отдельными элементами (детальями), которые затем собираются.

Элементы машины между собой (сборка) соединяются различными способами, выбор которых зависит от конструкции машины и объема выпуска. Сборка заключается в соединении первичных элементов машины (деталей) в сборочные единицы (узлы) и в окончательном сборе всех элементов (деталей и узлов). Названия конструктивных элементов изделий определяет ГОСТ 2.101–68.

Изделием называется продукт конечной стадии любого машиностроительного производства. Изделием может быть любая машина, заготовка, деталь или узел (сборочная единица) в зависимости от того, что является объектом данного производства.

В зависимости от назначения их делят на изделия основного производства и изделия вспомогательного производства.

К изделиям основного производства следует относить изделия, предназначенные для поставки (реализации). К изделиям вспомогательного производства следует относить изделия, предназначенные только для собственных нужд предприятия (оснастка, инструмент и т.п.).

Изделия, предназначенные для поставки (реализации) и одновременно используемые для собственных нужд предприятием, изготавливающим их, следует относить к изделиям основного производства.

Устанавливаются следующие виды изделий:

- машина;
- заготовка;
- деталь;
- сборочная единица;
- комплекс;
- комплект.

Виды изделий и их структура представлены на рис. 1.1. Изделия, в зависимости от наличия или отсутствия в них составных частей, делят:

- на неспецифицированные (детали) — не имеющие составных частей;
- специфицированные (сборочные единицы, комплексы, комплекты) — состоящие из двух и более составных частей.

Машина — это механизм или сочетание механизмов, осуществляющих целенаправленные движения для преобразования энергии или производства работ. Практически все машины в настоящее время являются мехатронными системами. Производство механической части этих систем является объектом машиностроительных предприятий, электронной части — предприятий электронной промышленности.

Заготовкой в машиностроительном производстве является изделие, используемое для изготовления детали.

Деталь — это изделие, характерным признаком которого является отсутствие в нем разъемных или неразъемных соединений (например, вал, шестерня, корпус, державка резца и т.д.).

У каждой детали, предназначенной для сборки, имеются *сопрягающиеся и несопрягающиеся поверхности*. Сопрягающиеся поверхности при сборке соприкасаются с поверхностями других деталей, образуя соответствующие сопряжения.

Сопрягающиеся поверхности, служащие для присоединения к данной детали других деталей, называются *вспомогательными базами* (например,



Рис. 1.1. Виды и структура некоторых изделий

направляющие станины, на которые устанавливается передняя бабка, опорная плоскость державки под режущую пластинку и т.д.).

Поверхности, имеющие назначение выполнять некоторые рабочие функции, называются *функциональными* (исполнительными или рабочими) — например, боковая поверхность зуба зубчатого колеса, направляющие станков.

Базовые детали — это детали, выполняющие в узле роль соединительного звена, обеспечивающего при сборке соответствующее относительное положение других деталей (например, станина станка, рама автомобиля, державка резца и т.д.).

Сборочная единица (узел) — это часть изделия, которая собирается отдельно и в дальнейшем участвует в процессе сборки как одно целое (например, задняя бабка токарного станка).

Сборочные единицы (узлы), в процессе общей сборки непосредственно входящие в изделие, называются сборочными единицами 1-го порядка (например, передняя бабка токарного станка).

Сборочные единицы, входящие в сборочную единицу 1-го порядка, называются сборочными единицами 2-го порядка и т.д. (например, шпиндельный узел передней бабки).

Отдельные детали могут входить в сборочные единицы любого порядка или непосредственно в собираемое изделие (например, болты).

Структура изделия схематично представлена на рис. 1.2.

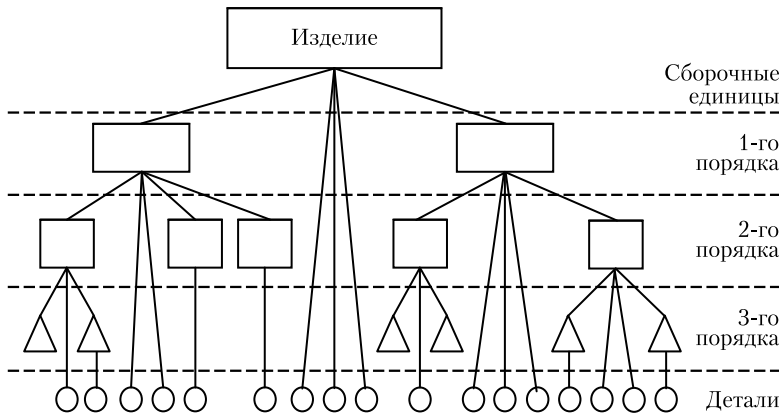


Рис. 1.2. Технологическая схема изделия

Пример 1.1

Рассмотрим технологическую схему производства грузового автомобиля (рис. 1.3). Сборочной единицей 1-го порядка является, в частности, двигатель внутреннего сгорания (рис. 1.4), который также состоит из ряда сборочных единиц. Например, такой сборочной единицей 2-го порядка является шестеренный насос смазочной системы двигателя.

Шестеренный насос создает циркуляцию масла в смазочной системе двигателя. Он состоит из деталей, т.е. сборочных единиц (рис. 1.5).

Корпус насоса является базовой деталью. Если ведомая и ведущая шестерни насоса соединяются с валами и на сборку подаются в собранном виде, то их можно рассматривать в качестве сборочных единиц 3-го порядка.

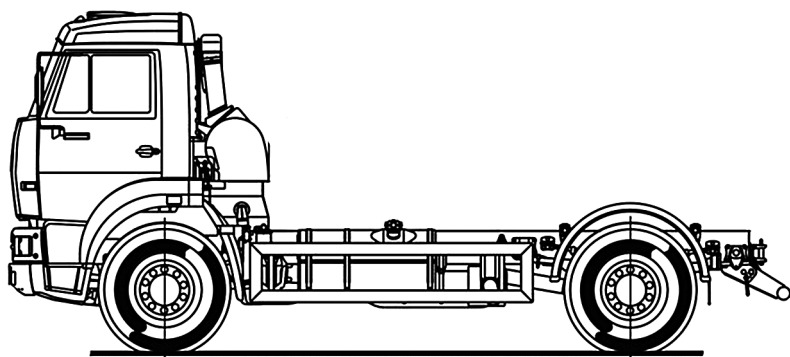


Рис. 1.3. Изделие машиностроения – грузовой автомобиль

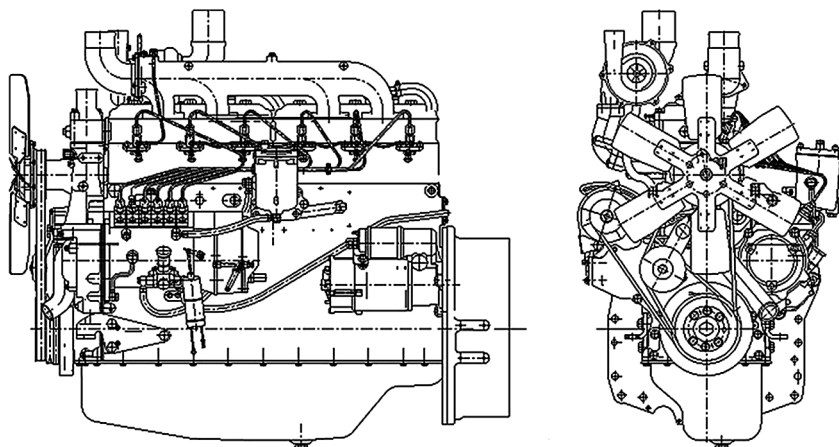


Рис. 1.4. Двигатель внутреннего сгорания – сборочная единица 1-го порядка грузового автомобиля

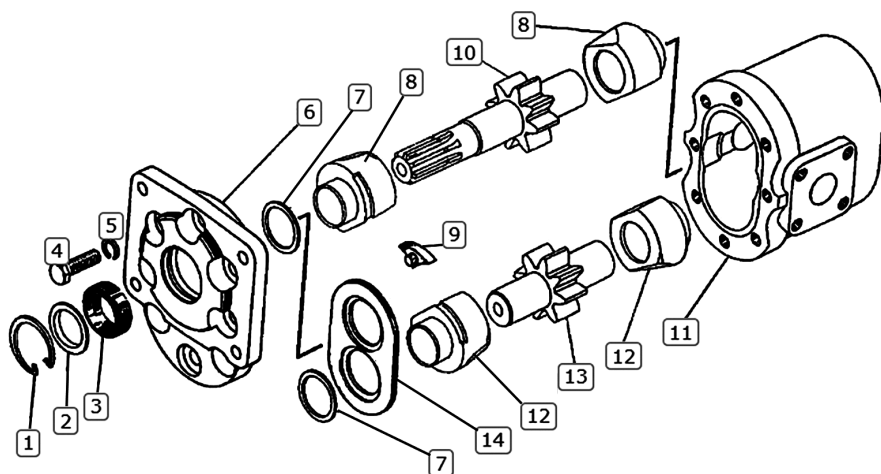


Рис. 1.5. Детали и сборочные единицы шестеренного насоса двигателя автомобиля:
 1 – кольцо пружинное; 2 – кольцо опорное; 3 – манжета; 4 – болт; 5 – шайба; 6 – крышка насоса; 7 – кольцо; 8 – втулка правая; 9 – уплотнение; 10 – шестерня ведущая; 11 – корпус; 12 – втулка левая; 13 – шестерня ведомая; 14 – двойная манжета

Сборочные единицы могут быть конструкторскими, технологическими и конструкторско-технологическими.

Конструкторская сборочная единица — это единица, спроектированная лишь по функциональному принципу без учета технологии сборки (например, механизм привода суппорта).

Технологическая сборочная единица или узел — это сборочная единица, которая может собираться отдельно от других частей изделия (например, консоль фрезерного станка).

Конструкторско-технологическая сборочная единица (агрегат) — это единица, которая отвечает условию функционального назначения ее в изделии и условию самостоятельной независимой сборки (насос, коробка передач, агрегатная головка).

Наилучшим вариантом конструкции любой машины является (если она состоит из конструкторско-технологических сборочных единиц и нормализованных деталей) ее агрегатирование или модульное построение. Машина, спроектированная по агрегатному (модульному) принципу, несомненно, будет конкурентоспособной, так как обладает лучшими технико-экономическими показателями как при изготовлении, так и в эксплуатации и ремонте.

Каждая сборочная единица включает в себя определенные виды соединения деталей. По возможности относительного перемещения составных частей соединения подразделяются на подвижные и неподвижные. По сохранению целостности при сборке соединения подразделяются на разъемные и неразъемные. Соединение считается разъемным, если при его разборке сохраняется целостность составных частей, и неразъемным, если при разборке его составные части повреждаются и их целостность нарушается.

Комплекс — это два и более специфицированных изделия, не соединенных на предприятии-изготовителе сборочными операциями, но предназначенных для выполнения взаимосвязанных эксплуатационных функций.

Каждое из изделий, входящих в комплекс, служит для выполнения одной или нескольких основных функций, установленных для всего комплекса, например, цех-автомат; завод-автомат, автоматическая телефонная станция, бурильная установка; изделие, состоящее из метеорологической ракеты, пусковой установки и средств управления; корабль.

В комплекс, кроме изделий, выполняющих основные функции, могут входить детали, сборочные единицы и комплекты, предназначенные для выполнения вспомогательных функций, например, детали и сборочные единицы, предназначенные для монтажа комплекса на месте его эксплуатации; комплект запасных частей, укладочных средств, тары и др.

Комплект — это два и более изделия, не соединенных на предприятии-изготовителе сборочными операциями и представляющих набор изделий, имеющих общее эксплуатационное назначение вспомогательного характера, например, комплект запасных частей, комплект инструмента и принадлежностей, комплект измерительной аппаратуры, комплект упаковочной тары и т.п. К комплектам также относят сборочную единицу или деталь, поставляемую вместе с набором других сборочных единиц и (или) деталей, предназначенных для выполнения вспомогательных функций при эксплуатации этой сборочной единицы или детали, например, осциллограф в комплекте с укладочным ящиком, запасными частями, монтажным инструментом, сменными частями.