

П. В. Колодий  
Е. П. Сигай  
Т. А. Колодий

# ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ВАЛКИ ЛЕСА

*Допущено Министерством образования  
Республики Беларусь в качестве учебного пособия  
для учащихся учреждений образования,  
реализующих образовательные программы  
профессионально-технического образования  
по специальности «Лесное хозяйство»*



Минск  
РИПО  
2014

УДК 630.36(075)  
ББК 43.90я722  
К61

**Рецензенты:**

методическое объединение преподавателей специальных предметов и мастеров производственного обучения механизаторских профессий УО «Ганцевичский государственный профессиональный лицей сельскохозяйственного производства» (В. В. Новик);  
доцент кафедры лесных машин и технологии лесозаготовок УО «Белорусский государственный технологический университет», кандидат технических наук, доцент П. А. Протас.

*Все права на данное издание защищены. Воспроизведение всей книги или любой ее части не может быть осуществлено без разрешения издательства.*

*Выпуск издания осуществлен при финансовой поддержке Министерства образования Республики Беларусь.*

**Колодий, П. В.**

К61 Оборудование для валки леса : учеб. пособие / П. В. Колодий, Е. П. Сига́й, Т. А. Колодий. – Минск : РИПО, 2014. – 258 с. : ил.  
ISBN 978-985-503-397-5.

В учебном пособии даны общие сведения по материаловедению и горюче-смазочным материалам; описаны организация и оборудование рабочего места при выполнении слесарных работ; приведены основные сведения о механизмах, инструментах и приспособлениях, применяемых при валке леса. Подробно рассмотрены вопросы по устройству и эксплуатации бензопил и валочных приспособлений, их техническому обслуживанию. Изложены общие вопросы охраны труда при работе с бензопилами.

Предназначено для учащихся учреждений профессионально-технического образования, обучающихся по профессиям «Вальщик леса», «Лесовод», «Лесник», «Егерь». Может быть полезно слушателям, учащимся и студентам, изучающим технологию лесозаготовок и лесоэксплуатацию, работникам лесного хозяйства и лесной промышленности.

УДК 630.36(075)  
ББК 43.90я722

ISBN 978-985-503-397-5

© Колодий П. В., Сига́й Е. П.,  
Колодий Т. А., 2014  
© Оформление. Республиканский институт  
профессионального образования, 2014

## **ВВЕДЕНИЕ**

---

Использование, охрана и приумножение лесных богатств – основа лесной политики Республики Беларусь, приоритетная задача Национальной стратегии устойчивого социально-экономического развития.

Лес – один из важнейших природных ресурсов. Он выполняет многочисленные экономические и природоохранные функции. Важной частью системы ведения лесного хозяйства является лесопользование, а основным видом лесопользования – заготовка и переработка древесины.

В связи с тем, что лесные насаждения сильно различаются по условиям произрастания и выполняемым народнохозяйственным функциям, приходится применять разные виды рубок леса.

Рубка леса – это процесс удаления отдельных деревьев или всего древостоя на участках различных размеров и конфигурации. Она проводится периодически на протяжении всего времени существования насаждения.

Работы, связанные с заготовкой и переработкой древесины, относятся к одним из наиболее травмоопасных. В то же время, наряду с организациями системы лесного хозяйства, лесной и деревообрабатывающей промышленности, являющимися основными лесопользователями, аналогичные виды деятельности осуществляют более тысячи предприятий различных организационно-правовых форм, не имеющих достаточного практического опыта в этом деле. Поэтому успешность лесозаготовительных работ во многом зависит от профессионализма валышников леса.

В соответствии с тарифно-квалификационными требованиями вальщик леса должен знать устройство и правила эксплуатации бензодвигательных пил различных типов; правила отбора деревьев для рубки; правила подготовки рабочих мест на лесосеке; рациональные приемы выполнения комплекса работ по валке деревьев, обрезке сучьев и раскряжевке хлыстов; технические требования к заготавливаемым сортаментам; правила и схемы организации механизированной разработки лесосек; правила оказания первой медицинской помощи пострадавшим; правила охраны труда, производственной санитарии, пожарной безопасности и т. д.

Ознакомление с современным оборудованием для валки леса – важный этап в освоении технологических процессов лесозаготовок. Учебная дисциплина тесно связана с организацией и технологией лесосечных работ. Их комплексное освоение позволит специалистам эффективно и безопасно выполнять разработку лесосек с использованием современных механизмов и экологосберегающих технологий.

Данное учебное пособие предназначено для улучшения качества технической подготовки рабочих лесного хозяйства.

В результате изучения учебного предмета «Оборудование для валки леса» обучающийся должен:

- иметь представление о свойствах основных конструкционных и горюче-смазочных материалов;
- усвоить назначение основных слесарных операций;
- представлять роль и значимость механизации работ при лесосечных работах;
- знать устройство и работу современных бензопил, их технические характеристики;
- понимать порядок, правила и способы применения оборудования при валке леса;
- уяснить особенности применения механизмов и приспособлений в различных лесорастительных условиях;
- усвоить требования охраны труда при работе с лесозаготовительным оборудованием.

Освоение учебной дисциплины «Оборудование для валки леса» будет способствовать воспитанию ответственности

за соблюдение технической и технологической дисциплины, бережливости, аккуратности, требовательности, рациональности; формированию эмоционально-волевой готовности к выполнению лесосечных работ.

Для обеспечения образовательного процесса рекомендуется использовать натурные образцы оборудования для валки леса, печатные издания ведущих фирм – производителей бензопил, фото- и видеоматериалы.

## **1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ПО МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЮ**

---

### **1.1. СТРОЕНИЕ И СВОЙСТВА МЕТАЛЛОВ**

Окружающие нас предметы состоят из различных веществ, обладающих разными свойствами. Знание этих свойств помогает правильно решать практические вопросы, связанные с изготовлением и эксплуатацией механизмов, инструментов, приборов и др.

Вещество содержит большое количество мельчайших движущихся частиц, состоящих из атомов. В свою очередь каждый атом имеет *ядро* и вращающиеся вокруг него *электроны*. Ядро атома имеет сложное строение и состоит из положительно заряженных *протонов* и *нейтронов*, лишенных электрических зарядов, и других частиц.

Совокупность атомов, обладающих одинаковым зарядом ядра, образуют химический элемент. В настоящее время известно 104 элемента. Из них 83 представляют собой **металлы** (железо, медь, алюминий и др.) и 21 — **неметаллы** (кислород, фосфор, кремний, углерод и др.).

*Металлами* называют химические элементы, характерными признаками которых являются непрозрачность, блеск, хорошая электро- и теплопроводность, пластичность, а для многих металлов также способность свариваться.

Все металлы — тела кристаллические. Для описания структуры металлов пользуются понятием *кристаллической решетки*. Кристаллическая решетка — это воображаемая пространственная сетка, в узлах которой располагаются атомы (ионы), образующие металл. Частицы вещества (ионы, атомы), из которых построен кристалл, расположены в опреде-

ленном геометрическом порядке, который периодически повторяется в пространстве.

В промышленности химически чистые металлы используются редко. Чаще используются технически чистые металлы, содержащие кроме основного металла определенное количество небольших добавок других элементов. В большинстве случаев используются сплавы металлов.

*Сплавом* называется кристаллическое вещество, в состав которого входят два или несколько химических элементов. Сплавы получают путем соединения в расплавленном состоянии составных частей, называемых *компонентами*. Некоторые сплавы образуются путем спекания компонентов. В состав сплавов могут входить и неметаллы.

Химические соединения металлов, встречающиеся в земной коре, называются металлическими рудами. К основному сырью для получения металлов относятся железные, медные, цинковые, оловянные, свинцовые, алюминиевые и другие руды, сера, уголь, нефть, древесина и другие материалы.

Металлы и их сплавы обладают различными свойствами.

**Физические свойства.** К физическим свойствам металлов относят цвет, плотность, температуру плавления, теплопроводность, тепловое расширение, теплоемкость, электропроводность, магнитные свойства и др.

*Цветом* называют способность металлов отражать световое излучение с определенной длиной волны. Например, медь имеет розово-красный цвет, алюминий – серебристо-белый.

*Плотность* металла характеризуется его массой, заключенной в единице объема. По плотности все металлы делят на легкие (менее 4500 кг/м<sup>3</sup>) и тяжелые. Плотность имеет большое значение при создании различных изделий. Например, при изготовлении бензопил стремятся использовать более легкие металлы и сплавы (алюминиевые, магниевые), что способствует снижению массы изделий.

*Температурой плавления* называют температуру, при которой металл переходит из твердого состояния в жидкое. По температуре плавления различают тугоплавкие (вольфрам – 3380 °С, тантал – 3014 °С, титан – 1671 °С и др.) и легкоплавкие (олово – 231,9 °С, свинец – 327,5 °С, цинк – 419,5 °С,

алюминий – 660 °С) металлы. Температура плавления имеет большое значение при выборе металлов для изготовления литых изделий, сварных и паяных соединений. В единицах СИ температуру плавления выражают в кельвинах (К). Для перехода от одной единицы измерения к другой следует помнить, что 0 °С соответствует 273,16 К.

*Теплопроводностью* называют способность металлов передавать тепло от более нагретых к менее нагретым участкам тела. Серебро, медь, алюминий обладают большой теплопроводностью. Теплопроводность железа примерно в 3 раза меньше, чем алюминия, и в 5 раз меньше, чем меди. Это физическое свойство имеет большое значение при выборе материала для деталей. Например, если металл плохо проводит тепло, то при нагреве и быстром охлаждении (термическая обработка, сварка) в нем образуются трещины. Некоторые детали машин (например поршни двигателей) должны быть изготовлены из материалов с хорошей теплопроводностью. В единицах СИ теплопроводность имеет размерность Вт/(м·К).

*Тепловым расширением* называют способность металлов увеличиваться в размерах при нагревании и уменьшаться при охлаждении. Тепловое расширение характеризуется коэффициентом линейного расширения ( $\alpha$ ). Коэффициент объемного расширения равен 3. Тепловое расширение должно учитываться при сварке, ковке и горячей объемной штамповке, изготовлении литейных форм, выполнении точных соединений и сборке приборов, при строительстве мостовых ферм, укладке железнодорожных рельсов.

*Теплоемкостью* называют способность металла при нагревании поглощать определенное количество тепла. В единицах СИ имеет размерность Дж/К. Теплоемкость различных металлов сравнивают по удельной теплоемкости – количеству тепла, выраженному в калориях, которое требуется для повышения температуры 1 кг металла на 1 °С (в единицах СИ – Дж/(кг·К)).

Способность металлов проводить электрический ток оценивают двумя взаимно противоположными характеристиками – *электропроводностью* и *электрическим сопротивлением*.

Электрическая проводимость определяется в СИ в сименсах (См), а удельная электропроводность – в См/м, анало-

гично электросопротивление выражают в омах (Ом), а удельное электросопротивление – в Ом/м. Хорошая электропроводность необходима, например, для токонесущих проводов (медь, алюминий). При изготовлении электронагревателей приборов и печей необходимы сплавы с высоким электросопротивлением (нихром, константан, манганин). С повышением температуры металла его электропроводность уменьшается, с понижением – увеличивается.

**Магнитные свойства** характеризуются абсолютной магнитной проницаемостью или магнитной постоянной, т. е. способностью металлов намагничиваться. В единицах СИ магнитная постоянная имеет размерность Гн/м (генри на метр). Высокими магнитными свойствами обладают железо, никель, кобальт и их сплавы, называемые ферромагнитными. Материалы с магнитными свойствами применяют в электротехнической аппаратуре и для изготовления магнитов.

**Химические свойства.** Химические свойства характеризуют способность металлов и сплавов сопротивляться окислению или вступать в соединение с различными веществами: кислородом воздуха, растворами кислот, щелочей и др. Чем легче металл вступает в соединение с другими элементами, тем быстрее он разрушается. Химическое разрушение металлов под действием на их поверхность внешней агрессивной среды называют *коррозией*.

Металлы, стойкие к окислению при сильном нагреве, называют *жаростойкими* или *окалиностойкими*. Такие металлы применяют для изготовления деталей, эксплуатируемых в зоне высоких температур.

Химические свойства металлов обязательно учитываются при изготовлении деталей или изделий, работающих в химически агрессивных средах.

**Механические свойства.** Способность металла сопротивляться воздействию внешних сил характеризуется механическими свойствами. Поэтому при выборе материала для изготовления деталей машин необходимо учитывать его механические свойства: прочность, упругость, пластичность, ударную вязкость, циклическую вязкость, твердость, усталость и выносливость. Эти свойства определяют по результатам механических испы-

таний, при которых металлы подвергают воздействию внешних сил (нагрузок). Внешние силы могут быть статическими, динамическими или циклическими (повторно-переменными). Нагрузка вызывает в твердом теле напряжение и деформацию.

**Напряжение** – нагрузка, отнесенная к единице площади поперечного сечения испытуемого образца. **Деформация** – изменение формы и размеров твердого тела под влиянием приложенных внешних сил. Различают деформации растяжения (сжатия), изгиба, кручения, среза (рис. 1.1). В действительности материал может подвергаться одному или нескольким видам деформации одновременно.

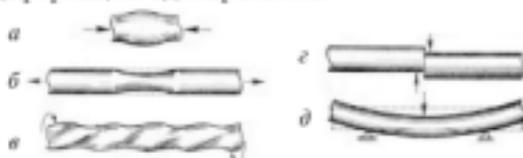


Рис. 1.1. Виды деформаций: а – сжатие; б – растяжение; в – кручение; г – срез; д – изгиб

Для определения прочности, упругости и пластичности металлы в виде образцов круглой или плоской формы испытывают на статическое растяжение. Испытания проводят на разрывных машинах.

**Прочность** – способность материала сопротивляться разрушению под действием нагрузок.

**Упругость** – способность материала восстанавливать первоначальную форму и размеры после прекращения действия нагрузки.

**Пластичность** – способность материала принимать новую форму и размеры под действием внешних сил, не разрушаясь.

**Ударная вязкость** – способность материала сопротивляться динамическим нагрузкам. Определяется как отношение затраченной на излом образца работы  $W$  (в мегаджоулях – МДж) к площади его поперечного сечения  $F$  (в  $m^2$ ). Определение ударной вязкости особенно важно для некоторых металлов, работающих при минусовых температурах и проявляющих склонность к хладноломкости.

**Циклическая вязкость** – это способность материалов поглощать энергию при повторно-переменных нагрузках. Мате-

риалы с высокой циклической вязкостью быстро гасят вибрации, которые часто являются причиной преждевременного разрушения.

*Твердостью* называют способность материала сопротивляться проникновению в него другого, более твердого тела. Высокой твердостью должны обладать металлорежущие инструменты: резцы, сверла, фрезы и др.

*Усталостью* называют процесс постепенного накопления повреждений материала под действием повторно-переменных напряжений, приводящий к образованию трещин и разрушению. Усталость металла обусловлена концентрацией напряжений в отдельных его объемах, в которых имеются неметаллические включения, газовые пузыри, различные местные дефекты и т. д.

*Выносливость* – свойство материала противостоять усталости. Предел выносливости – это максимальное напряжение, которое может выдержать металл без разрушения заданное число циклов нагружения.

**Технологические свойства.** Эти свойства характеризуют способность металлов подвергаться обработке в холодном и горячем состояниях. Технологические свойства определяют при технологических пробах, которые дают качественную оценку пригодности металлов к тем или иным способам обработки. К основным технологическим свойствам относят обрабатываемость резанием, свариваемость, ковкость, литейные свойства и др.

*Обрабатываемость резанием* – одно из важнейших технологических свойств, потому что подавляющее большинство заготовок, а также деталей сварных узлов и конструкций подвергается механической обработке. Одни металлы обрабатываются хорошо до получения чистой и гладкой поверхности, другие же, имеющие высокую твердость, – плохо. Очень вязкие металлы с низкой твердостью также плохо обрабатываются: поверхность получается шероховатой, с задирами.

Улучшить обрабатываемость, например, стали можно термической обработкой, понижая или повышая ее твердость.

*Свариваемость* – способность металлов образовывать сварное соединение, свойства которого близки к свойствам основного металла. Ее определяют пробой сваренного образца на изгиб или растяжение.

**Ковкость** – способность металла обрабатываться давлением в холодном или горячем состоянии без признаков разрушения. Ее определяют кузнечной пробой на осадку до заданной степени деформации. Высота образца для осадки равна обычно двум его диаметрам. Если на боковой поверхности образца трещина не образуется, такой образец считается выдержавшим пробу, а испытуемый металл – пригодным для обработки давлением.

**Литейные свойства** металлов характеризуют способность их образовывать отливки без трещин, раковин и других дефектов. Основными литейными свойствами являются жидкотекучесть, усадка и ликвация.

**Эксплуатационные свойства.** Эти свойства определяют в зависимости от условий работы деталей машин специальными испытаниями. Одним из важнейших эксплуатационных свойств является износостойкость.

**Износостойкость** – свойство материала оказывать сопротивление износу, т. е. постепенному изменению размеров и формы тела вследствие разрушения поверхностного слоя изделия при трении.

Испытание металлов на износ проводят на образцах в лабораторных условиях, а деталей – в условиях реальной эксплуатации. Величину износа образцов или деталей определяют различными способами: измерением размеров, взвешиванием образцов и др.

К эксплуатационным свойствам следует также отнести *хладостойкость, жаропрочность, антифрикционность* и др.

## 1.2. ЧУГУН И СТАЛЬ

Современное металлургическое производство чугуна и стали состоит из сложного комплекса различных производств:

1. Шахт и карьеров по добыче руд, каменных углей, флюсов, огнеупорных материалов.

2. Горно-обогатительных комбинатов, на которых подготавливают руды к плавке, обогащают их, удаляя часть пустой породы, и получают *концентрат* – продукт с повышенным содержанием железа по сравнению с рудой.

3. Коксохимических цехов и заводов, на которых осуществляют подготовку коксующихся углей, их коксование (сухую перегонку при температуре ~1000 °С без доступа воздуха) в коксовых печах и попутное извлечение из них ценных химических продуктов: бензола, фенола, каменноугольной смолы и др.

4. Энергетических цехов для получения и трансформации электроэнергии, сжатого воздуха, необходимого для дутья при доменных процессах, кислорода для выплавки чугуна и стали, а также для очистки газов металлургических производств в целях охраны природы и сохранения чистоты воздушного бассейна.

5. Доменных цехов для выплавки чугуна и ферросплавов.

6. Сталеплавильных цехов – конвертерных, мартеновских, электросталеплавильных для производства стали.

7. Прокатных цехов, в которых нагретые слитки из стали перерабатываются в заготовки (блумы и слябы) и далее в сортовой прокат, трубы, лист, проволоку и т. п.

Производство стали основано на двухступенчатой схеме, которая состоит из доменной выплавки чугуна и различных способов последующего его передела в сталь.

**Чугун.** Это железоуглеродистый сплав с содержанием углерода свыше 2 %.

Чугун отличается от стали более высоким содержанием углерода, лучшими литейными свойствами. Он не способен в обычных условиях обрабатываться давлением и дешевле стали. В чугунах имеются примеси кремния, марганца, фосфора и серы. Чугуны со специальными свойствами содержат легирующие элементы – никель, хром, медь, молибден и др. Примеси, находящиеся в чугуне, влияют на количество и строение выделяющегося графита.

Чугуны подразделяются на белый, серый, ковкий. Белый и серый чугуны резко различаются по свойствам.

*Белый чугун* очень твердый и хрупкий, плохо обрабатывается режущим инструментом, идет на переплавку в сталь и называется перелитейным чугуном. Часть белого чугуна идет на получение ковкого чугуна.

*Серый чугун* – это литейный чугун. Он поступает в производство в виде отливок, является дешевым конструкцион-

ным материалом. Обладает хорошими литейными свойствами, способностью рассеивать колебания при вибрационных и переменных нагрузках, хорошо обрабатывается резанием, сопротивляется износу. Свойство гасить вибрации называют *демпфирующей способностью*, которая у чугуна в 2–4 раза выше, чем у стали. Высокая демпфирующая способность и износостойкость обусловили применение чугуна для изготовления станин различного оборудования, коленчатых и распределительных валов тракторных и автомобильных двигателей и др. Выпускают следующие марки серых чугунов (в скобках указаны числовые значения твердости НВ): СЧ 10 (143–229), СЧ 15 (163–229), СЧ 20 (170–241), СЧ 25 (180–250), СЧ 30 (181–255), СЧ 35 (197–269), СЧ 40 (207–285), СЧ 45 (229–289).

Серый чугун получают при добавлении в расплавленный металл веществ, способствующих распаду цементита и выделению углерода в виде графита.

Механические свойства серых чугунов зависят от металлической основы, а также от формы и размеров включений графита. Наиболее прочными являются серые чугуны на перлитной основе, а наиболее пластичными – серые чугуны на ферритной основе. Поскольку графит имеет очень малую прочность и не имеет связи с металлической основой чугуна, полости, занятые графитом, можно рассматривать как пустоты, надрезы или трещины в металлической основе чугуна, которые значительно снижают его прочность и пластичность.

По физико-механическим характеристикам серые чугуны условно можно разделить на четыре группы: малой прочности, повышенной прочности, высокой прочности и со специальными свойствами.

*Серый чугун малой прочности* имеет в основе микроструктуру феррита или феррита и перлита с пластинчатым графитом. Такой чугун обладает прочностью на растяжение 300 МПа и соответствует маркам до СЧ 30. В марке буквы сокращенно обозначают наименование чугуна, а следующая за ними двухзначная цифра – предел прочности на растяжение.

*Серый чугун повышенной прочности* имеет перлитную основу и более мелкое, завихренное строение графита. Он соответствует маркам от СЧ 35 до СЧ 40. Прочность этих чугунов обеспечивается легированием и модифицированием чугуна.

*Чугун высокой прочности* имеет ферритную или перлитную структуру, является разновидностью серого чугуна, модифицированного магнием. Обладает повышенной прочностью по сравнению с обычными серыми чугунами. В зависимости от предела прочности при растяжении и относительного удлинения чугуны высокой прочности разделяют на следующие марки (в скобках указаны числовые значения твердости НВ): ВЧ 38-17 (140–170), ВЧ 42-12 (140–200), ВЧ 45-5 (160–220), ВЧ 50-2 (180–260), ВЧ 60-2 (200–280), ВЧ 70-3 (229–275), ВЧ 80-3 (220–300), ВЧ 100-4 (302–369), ВЧ 120-4 (302–369).

Механические свойства высокопрочного чугуна позволяют применять его для изготовления деталей машин, работающих в тяжелых условиях (детали прокатных станков, кузнечно-прессового оборудования, паровых турбин, тракторов, автомобилей и др.).

*Ковкий чугун* – условное название более пластичного чугуна по сравнению с серым. Ковкий чугун никогда не коуют. Отливки из него получают длительным отжигом отливок из белого чугуна с перлитно-цементитной структурой.

В зависимости от структуры металлической основы различают ковкий ферритный чугун и ковкий перлитный чугун.

В зависимости от предела прочности при растяжении и относительного удлинения ковкий чугун разделяют на следующие марки (в скобках указаны числовые значения твердости НВ): КЧ 30-6 (163), КЧ 33-8 (163), КЧ 35-10 (163), КЧ 37-12 (163) – ферритные черносердечные и КЧ 45-6 (241), КЧ 50-4 (241), КЧ 56-4 (269), КЧ 60-3 (269), КЧ 63-2 (269) – перлитные светлосердечные.

Ковкий чугун широко применяют в автомобильном, сельскохозяйственном и текстильном машиностроении. Из него изготавливают детали высокой прочности, способные воспринимать повторно-переменные и ударные нагрузки и работающие в условиях повышенного износа, такие как картер заднего моста, тормозные колодки, ступицы, пальцы режу-

щих аппаратов сельскохозяйственных машин, шестерни и др. Широкое распространение ковкого чугуна, занимающего по механическим свойствам промежуточное положение между серым чугуном и сталью, обусловлено лучшими по сравнению со сталью литейными свойствами, что позволяет получать отливки сложной формы.

Ковкий чугун характеризуется достаточно высокими антикоррозионными свойствами и хорошо работает в среде влажного воздуха и воды.

*Чугуны со специальными свойствами* используют в различных отраслях машиностроения тогда, когда деталь кроме прочности должна обладать теми или иными специфическими свойствами (износостойкостью, химической стойкостью, жаростойкостью и т. п.). Из большого количества чугунов со специальными свойствами в качестве примеров приведем следующие.

*Магнитный чугун* используют для изготовления корпусов электрических машин, рам, щитов и др. Для этой цели наилучшим является ферритный чугун с шаровидным графитом.

*Немагнитный чугун* используют для изготовления кожухов и бандажей различных электрических машин. Для этого применяют никель-марганцовистый чугун, содержащий 7–10 % марганца и 7–9 % никеля, а также марганцево-медистый чугун, в котором содержится 9,8 % марганца и 1,2–2,0 % меди.

*Аустенитный чугун* имеет высокие показатели по кислотостойкости, щелочестойкости и жаропрочности. Примерами этих чугунов являются нирезит, содержащий 14 % никеля, 2 % хрома, 7 % меди, и никрсилал с 5 % кремния, 18 % никеля, 2 % хрома.

*Жаростойкий чугун* – чугуль, содержит 20–25 % алюминия.

**Сталь.** Это железоуглеродистый сплав с содержанием углерода до 2 %. Сталь – основной материал, широко применяемый в машино- и приборостроении, строительстве, а также для изготовления различных инструментов. Она сравнительно недорога и производится в больших количествах. Обладает ценным комплексом механических, физико-химических и технологических свойств. Стали классифицируют по химическому составу, назначению, качеству, степени раскисления и структуре.

По химическому составу стали подразделяют на углеродистые и легированные. Сталь, свойства которой в основном зависят от содержания углерода, называют *углеродистой*. Углеродистые стали по содержанию в них углерода подразделяют на низкоуглеродистые (до 0,25 % С), среднеуглеродистые (0,25–0,60 % С) и высокоуглеродистые (более 0,6 % С).

*Легированной* называют сталь, в состав которой входят специально введенные элементы для придания ей требуемых свойств. По количеству введенных легирующих элементов легированную сталь делят на три группы: низколегированную (с суммарным содержанием легирующих элементов до 2,5 %), среднелегированную (от 2,5 до 10 %) и высоколегированную (свыше 10 %). В зависимости от введенных элементов различают, например, стали хромистые, марганцовистые, хромоникелевые и т. п.

По назначению стали делят на конструкционные, инструментальные и стали специального назначения с особыми свойствами.

*Конструкционные стали* представляют наиболее обширную группу, предназначенную для изготовления деталей машин, приборов и элементов строительных конструкций. Из конструкционных сталей можно выделить цементуемые, улучшаемые, автоматные, высокопрочные и рессорно-пружинные стали.

*Инструментальные стали* подразделяют на стали для изготовления режущего, измерительного инструмента и штампов холодного и горячего деформирования.

*Стали специального назначения* – это нержавеющие (коррозионностойкие), жаростойкие, жаропрочные, износостойкие и др.

По качеству стали классифицируют на стали обыкновенного качества, качественные, высококачественные и особо высококачественные. Под *качеством* понимается совокупность свойств стали, определяемых металлургическим процессом ее производства. Однородность химического состава, строение и свойства стали зависят от содержания вредных примесей и газов (кислорода, водорода, азота). Основными показателями для разделения сталей по качеству являются нормы содержания вредных примесей (серы, фосфора).

Стали обыкновенного качества содержат до 0,06 % серы и 0,07 % фосфора, *качественные* – до 0,035 % серы и 0,035 % фосфора, *высококачественные* – не более 0,025 % серы и 0,025 % фосфора, а *особо высококачественные* – не более 0,015 % серы и 0,025 % фосфора.

По степени раскисления стали классифицируют на спокойные, полуспокойные и кипящие. *Раскислением* называют процесс удаления кислорода из жидкой стали. Нераскисленная сталь обладает недостаточной пластичностью и подвержена хрупкому разрушению при горячей обработке давлением.

*Спокойные стали* хорошо раскислены марганцем, алюминием и кремнием в печи и ковше. Пластические свойства стали в поперечном направлении (по отношению к направлению прокатки иликовки) значительно ниже, чем в продольном.

*Полуспокойные стали* по степени их раскисления занимают промежуточное положение между спокойными и кипящими.

*Кипящие стали* раскисляют только марганцем. Они раскислены недостаточно, практически не содержат неметаллических включений продуктов раскисления, относительно дешевы. Листы из такой стали, предназначенные для изготовления деталей кузовов автомашин вытяжкой, имеют хорошую штампуемость при выполнении формоизменяющих операций холодной листовой штамповки.

По структуре стали классифицируют в состояниях после отжига и нормализации. В *отожженном* (равновесном) состоянии они делятся на доэвтектоидные, эвтектоидные, заэвтектоидные, ледебуритные, аустенитные, ферритные.

По структуре *после нормализации* стали подразделяют на следующие основные классы: перлитный, мартенситный, аустенитный, ферритный.

Рассмотрим особенности структуры, маркировку и назначение основных групп стали.

**Стали углеродистые обыкновенного качества.** Эти наиболее широко распространенные стали поставляют в виде проката в нормализованном состоянии и применяют в машиностроении, строительстве и в других отраслях народного хозяйства.

Углеродистые стали обыкновенного качества обозначают буквами Ст и цифрами от 0 до 6. Цифры – это условный номер марки. Чем больше число, тем больше содержание углерода, выше прочность и ниже пластичность.

В зависимости от назначения и гарантируемых свойств углеродистые стали обыкновенного качества поставляют трех групп: А, Б, В. Индексы, стоящие справа от номера марки, означают: кп – кипящая, пс – полуспокойная, сп – спокойная сталь. Между индексом и номером марки может стоять буква Г, что означает повышенное содержание марганца. В обозначениях марок слева от букв Ст указаны группы (Б и В) стали.

По требованиям к нормируемым показателям (химического состава и механических свойств) стали обыкновенного качества подразделяют на категории. Категорию стали обозначают соответствующей цифрой правее индекса степени раскисления, например Ст6Гпс3 означает: сталь группы А, марки Ст6, с повышенным содержанием марганца, полуспокойная, третьей категории.

Примеры маркировки сталей: Ст0, БСт1сп, ВСт3пс2.

Химический состав сталей группы А не регламентируют, а гарантируют их механические свойства. Стали этой группы применяют обычно для деталей, не подвергаемых в процессе изготовления горячей обработке (сварке, ковке и др.).

Стали группы Б поставляют по химическому составу и применяют для деталей, которые проходят в процессе изготовления термообработку и горячую обработку давлением (штамповку, ковку). Механические свойства стали группы Б не гарантируют.

Стали группы В поставляют по механическим свойствам, соответствующим нормам для сталей группы А, и по химическому составу, соответствующему нормам для сталей группы Б. Стали группы В используют в основном для сварных конструкций.

**Стали углеродистые качественные конструкционные.** От сталей обыкновенного качества они отличаются меньшим содержанием серы, фосфора и других вредных примесей, более узкими пределами содержания углерода в каждой марке и в большинстве случаев более высоким содержанием кремния (Si) и марганца (Mn).

Сталь маркируют двузначными числами, которые обозначают содержание углерода в сотых долях процента, и поставляют с гарантированными показателями химического состава и механических свойств. По степени раскисления сталь подразделяют на кипящую (кп), полуспокойную (пс), спокойную (без указания индекса). Буква Г в марках сталей указывает на повышенное содержание марганца (до 1 %).

Примеры маркировки стали: 08, 20кп, 70Г.

**Стали углеродистые специального назначения.** К этой группе относят стали с хорошей и повышенной обрабатываемостью резанием — *автоматные стали*. Они предназначены в основном для изготовления деталей массового производства. При обработке таких сталей на станках-автоматах образуется короткая и мелкая стружка, снижается расход режущего инструмента и уменьшается шероховатость обработанных поверхностей.

Автоматные стали маркируют буквой А и цифрами, показывающими среднее содержание углерода в сотых долях процента. Применяют следующие марки автоматной стали: А12, А20, А30, А40Г. Из стали А12 изготавливают неответственные детали, из сталей других марок — более ответственные детали, работающие при значительных напряжениях и повышенных давлениях.

Сортамент автоматной стали предусматривает изготовление сортового проката в виде прутков круглого, квадратного и шестигранного сечений. Эти стали не применяют для изготовления сварных конструкций.

Для улучшения физических, химических, прочностных и технологических свойств стали легируют, вводя в их состав различные легирующие элементы (хром, марганец, никель, кремний, молибден, вольфрам и др.). Стали могут содержать один или несколько легирующих элементов, которые придают им специальные свойства.

Марка *легированной качественной стали* состоит из сочетания букв и цифр, обозначающих ее химический состав. Легирующие элементы имеют следующие обозначения: хром (Х), никель (Н), марганец (Г), кремний (С), молибден (М), вольфрам (В), титан (Т), алюминий (Ю), ванадий (Ф), медь (Д),

бор (Р), кобальт (К), ниобий (Б), цирконий (Ц). Цифра, стоящая после буквы, указывает на содержание легирующего элемента в процентах. Если цифра не указана, легирующего элемента содержится до 1,5 %. В конструкционных качественных легированных сталях две первые цифры марки показывают содержание углерода в сотых долях процента. Кроме того, высококачественные легированные стали имеют в конце марки букву А, а особо высококачественные – Ш. Например, сталь марки 30ХГСН2А: высококачественная легированная сталь, содержит 0,30 % углерода, до 1 % хрома, марганца, кремния и до 2 % никеля. Сталь марки 95Х18Ш: особо высококачественная, выплавленная методом электрошлакового переплава с вакуумированием, содержит 0,9–1,0 % углерода, 17–19 % хрома, 0,03 % фосфора и 0,015 % серы.

Легированные конструкционные стали делят на цементуемые, улучшаемые и высокой прочности.

*Цементуемые легированные стали* – это низкоуглеродистые (до 0,25 % С), низко- (до 2,5 %) и среднелегированные (2,5–10 % суммарное содержание легирующих элементов) стали. Предназначены для деталей машин и приборов, работающих в условиях трения и испытывающих ударные и переменные нагрузки. Цементуемые стали насыщают с поверхности углеродом (цементуют) и подвергают термической обработке (закалке и отпуску). Такая обработка обеспечивает высокую поверхностную твердость (HRC 58–63) и сохраняет требуемую вязкость и заданную прочность сердцевины металла. К цементуемым легированным относят стали марок 15ХА, 18ХГ, 25ХГМ, 20ХН, 20Х2Н4А, 18Х2Н4МА.

*Улучшаемые легированные стали* – это среднеуглеродистые (0,25–0,6 % С) и низколегированные стали. Для обеспечения необходимых свойств (прочности, пластичности, вязкости) эти стали термически улучшают, подвергая закалке и высокому отпуску (500–600 °С). Марки таких сталей: 40ХС, 40ХФА, 30ХГСА, 40ХН2МА.

*Стали легированные высокой прочностью* – это улучшаемые и цементуемые стали, после термической обработки дают прочность при растяжении до 1300 МПа и вязкость до 0,8–1,0 МДж/м<sup>2</sup>. Для создания новых современных машин

такой прочности недостаточно. Необходимы стали с пределами прочности 1500–2000 МПа. Для этих целей применяют комплексно-легированные и мартенситно-старяющиеся стали.

Комплексно-легированные стали – это среднеуглеродистые (0,25–0,6 % С) легированные стали, термоупрочняемые при низком отпуске или подвергающиеся термомеханической обработке (марки 30ХГСН2А, 40ХГСН3ВА). Имеют предел прочности 1650–2000 МПа.

Мартенситно-старяющиеся стали – это новый класс высокопрочных легированных сталей на основе безуглеродистых (не более 0,03 % С) сплавов железа с никелем, кобальтом, молибденом, титаном, хромом и другими элементами. Такие стали закалывают на воздухе при 800–860 °С с последующим старением при 450–500 °С. Марки сталей H12K15M10 и H18K9M5T имеют предел прочности до 2500 МПа.

**Инструментальные стали.** Предназначены для изготовления следующих основных групп инструмента: режущего, измерительного и штампов. По условиям работы инструмента к таким сталям предъявляют определенные требования:

- стали для режущего инструмента (резцы, сверла, метчики, фрезы и др.) должны обладать высокой твердостью, износостойкостью и теплоустойчивостью;

- стали для измерительного инструмента должны быть твердыми, износостойкими и длительное время сохранять размеры и форму инструмента;

- стали для штампов (холодного и горячего деформирования) должны иметь высокие механические свойства (твердость, износостойкость, вязкость), сохраняющиеся при повышенных температурах. Кроме того, стали для штампов горячего деформирования должны обладать устойчивостью против образования поверхностных трещин при многократном нагреве и охлаждении.

*Углеродистые инструментальные стали* выпускают следующих марок: У7, У8, У8Г, У9, У10, У11, У12 и У13. Цифры указывают на содержание углерода в десятых долях процента. Буква Г после цифры означает, что сталь имеет повышенное содержание марганца. Марка углеродистой инструментальной стали высокого качества имеет букву А, например У12А: угле-

родистая инструментальная сталь высокого качества, содержащая 1,2 % углерода.

Инструменты, применение которых связано с ударной нагрузкой (например, зубила, бородки, молотки), изготавливают из сталей У7А, У8А. Инструменты, требующие большой твердости, но не подвергающиеся ударам (например, сверла, метчики, развертки, шаберы, напильники), – из сталей У12А, У13А. Стали У7–У9 подвергают полной, а стали У10–У13 неполной закалке.

Недостатком углеродистых инструментальных сталей является их низкая теплостойкость – способность сохранять большую твердость при высоких температурах нагрева. При нагреве выше 200 °С инструмент из углеродистых сталей теряет твердость.

Легирующие элементы, вводимые в инструментальные стали, увеличивают теплостойкость (вольфрам, молибден, кобальт, хром), закаляемость (марганец), вязкость (никель), износостойкость (вольфрам).

В сравнении с углеродистыми *легированные инструментальные стали* имеют следующие преимущества: хорошую прокаливаемость, большую пластичность в отожженном состоянии, значительную прочность в закаленном состоянии, более высокие режущие свойства.

*Низколегированные инструментальные стали* содержат до 2,5 % легирующих элементов, имеют высокую твердость (HRC 62–69), значительную износостойкость, но малую теплостойкость (200–260 °С). В отличие от углеродистых сталей, их используют для изготовления инструмента более сложной формы.

В низколегированных сталях X, 9XC, XBГ, XBСГ основной легирующий элемент – хром.

Сталь X легирована только хромом. Повышенное содержание хрома значительно увеличивает ее прокаливаемость. Применяют сталь X для изготовления токарных, строгальных и долбежных резцов. Сталь 9XC кроме хрома легирована кремнием. По сравнению со сталью X она имеет большую прокаливаемость, повышенную теплостойкость и лучшие режущие свойства. Из стали 9XC изготавливают сверла, развертки, фрезы, метчики, плашки.

Сталь ХВГ легирована хромом, вольфрамом и марганцем. Используется для производства крупных и длинных протяжек, длинных метчиков, длинных разверток и т. п. Сталь ХВСГ – сложнолегированная и по сравнению со сталями 9ХС и ХВГ лучше закаливается и прокаливается. Сталь ХВСГ применяют для изготовления круглых плашек, разверток, крупных протяжек и другого режущего инструмента.

*Высоколегированные инструментальные стали* содержат вольфрам, хром и ванадий в большом количестве (до 18 % основного легирующего элемента); имеют высокую теплостойкость (600–640 °С). Их используют для изготовления высокопроизводительного режущего инструмента, предназначенного для обработки высокопрочных сталей и других труднообрабатываемых материалов. Такие стали называют инструментальными *быстрорежущими*.

Быстрорежущие стали обозначают буквой Р, цифра после которой указывает содержание вольфрама. Содержание хрома (4 %) и ванадия (2 %) в марках быстрорежущих сталей не указывают. В некоторые быстрорежущие стали дополнительно вводят молибден, кобальт и большое количество ванадия. Марки таких сталей содержат соответственно буквы М, К, Ф и цифры, указывающие их количество.

Наиболее распространены быстрорежущие стали марок Р18, Р9, Р10К5Ф5.

Для изготовления *измерительных инструментов* применяют сталь марок Х, ХВГ, а для изготовления *инструмента с высокой твердостью* и повышенной износостойкостью, а также с малой деформируемостью при закалке используют стали с высокой прокаливаемостью и износостойкостью, например высокохромистую сталь Х12Ф1 (11–12,5 % Cr, 0,7–0,9 % V).

Для *инструмента, подвергающегося* в работе большим ударным нагрузкам (пневматические зубила, режущие ножи для ножниц холодной резки металла), применяют стали с меньшим содержанием углерода, повышенной вязкости 4ХС, 6ХС, 4ХВ2С и др.

**Специальные стали.** Это высоколегированные (свыше 18 %) стали, обладающие особыми свойствами: коррозионной стойкостью, жаростойкостью, жаропрочностью, износостойкостью и др.

*Коррозионностойкой* (или *нержавеющей*) называют сталь, обладающую высокой химической стойкостью в агрессивных средах. Коррозионностойкие стали получают легированием низко- и среднеуглеродистых сталей хромом, никелем, титаном, алюминием, марганцем. Антикоррозионные свойства сталям придают введением в них большого количества хрома или хрома и никеля. Широкое распространение получили хромистые и хромоникелевые стали.

Наибольшая коррозионная стойкость сталей достигается после соответствующей термической и механической обработки. Так, для стали 12X13 лучшая коррозионная стойкость достигается после закалки в масле (1000–1100 °С), отпуска (700–750 °С) и полировки. Эта сталь устойчива в слабоагрессивных средах (вода, пар). Сталь 40X13 применяют после закалки в масле при температуре 1000–1050 °С и отпуска (180–200 °С) со шлифованной и полированной поверхностью. После термической обработки эта сталь обладает высокой твердостью (HRC 52–55). Более коррозионностойка (в кислотных средах) сталь 12X17.

Межкристаллитная коррозия – особый, очень опасный вид коррозионного разрушения металла. Для предотвращения этого вида коррозии применяют сталь 08X17Т, легированную титаном.

При высоких температурах металлы и сплавы вступают во взаимодействие с окружающей газовой средой, что вызывает газовую коррозию (окисление) и разрушение материала. Для изготовления конструкций и деталей, работающих в условиях повышенной температуры (400–900 °С) и окисления в газовой среде, применяют специальные *жаростойкие стали*.

Под *жаростойкостью* (или *окалиностойкостью*) принято понимать способность материала противостоять коррозионному разрушению под действием воздуха или других газовых сред при высоких температурах. К жаростойким относят стали, содержащие алюминий, хром, кремний. Такие стали не образуют окислы при высоких температурах. Например, хромистая сталь, содержащая 30 % хрома, устойчива до 1200 °С. Введение небольших добавок алюминия резко повышает жаростойкость хромистых сталей.

Область применения жаростойких сталей – изготовление различных деталей нагревательных устройств и энергетических установок.

Марки жаростойких сталей: 40X9C2, 08X17T, 36X18H25C2.

Некоторые детали машин (двигателей внутреннего сгорания, паровых и газовых турбин, металлургического оборудования и т. п.) длительное время работают при больших нагрузках и высоких температурах (500–1000 °С). Для изготовления таких деталей применяют специальные *жаропрочные стали*.

Под *жаропрочностью* принято понимать способность материала выдерживать механические нагрузки без существенных деформаций при высоких температурах. К числу жаропрочных относят стали, содержащие хром, кремний, молибден, никель и др. Они сохраняют свои прочностные свойства при нагреве до 650 °С и более. Из таких сталей изготавливают греющие элементы теплообменной аппаратуры, детали котлов, впускные и выпускные клапаны автомобильных и тракторных двигателей.

Марки жаропрочных сталей: 46X14H14B2M, 08X16H13M2B.

Для изготовления деталей машин, работающих в условиях трения, применяют специальные *износостойкие стали* – шарикоподшипниковые, графитизированные и высокомарганцовистые.

*Шарикоподшипниковые стали* (ШХ6, ШХ9, ШХ15) применяют для изготовления шариков и роликов подшипников. По химическому составу и структуре эти стали относятся к классу инструментальных. Они содержат около 1 % меди и 0,6–1,5 % хрома.

*Графитизированную сталь* (высокоуглеродистую, содержащую 1,5–2,0 % С и до 2,0 % Cr) используют для изготовления поршневых колец, поршней, коленчатых валов и других фасонных отливок, работающих в условиях трения. Графит в такой стали играет роль смазки.

*Высокомарганцовистую сталь* Г13Л, содержащую 1,2 % углерода и 13 % марганца, применяют для изготовления железнодорожных крестовин, звеньев гусениц и т. п. Эта сталь обладает максимальной износостойкостью.

В машино- и приборостроении применяют также стали и сплавы с особыми физическими свойствами:

- магнитные стали и сплавы;
- сплавы с высоким электрическим сопротивлением;
- сплавы с заданным коэффициентом теплового расширения;
- сплавы с заданными упругими свойствами.

### 1.3. ЦВЕТНЫЕ МЕТАЛЛЫ И СПЛАВЫ

**Алюминий и алюминиевые сплавы.** *Алюминий* – легкий металл серебристо-белого цвета с высокой электро- и теплопроводностью. Плотность его  $2700 \text{ кг/м}^3$ , температура плавления в зависимости от чистоты колеблется в пределах  $660\text{--}667^\circ\text{C}$ . В отожженном состоянии алюминий имеет малую прочность ( $\sigma_s = 80\text{--}100 \text{ МПа}$ ), низкую твердость ( $\text{HV} = 20\text{--}40$ ), но обладает высокой пластичностью ( $\delta = 35\text{--}40 \%$ ).

Алюминий хорошо обрабатывается давлением, сваривается, но плохо поддается резанию. Имеет высокую стойкость против атмосферной коррозии и в пресной воде. На воздухе быстро окисляется, покрываясь тонкой плотной пленкой оксида, которая не пропускает кислород в толщу металла, что и обеспечивает его защиту от коррозии.

Первичный алюминий делят на три группы: алюминий особой чистоты, высокой чистоты и технической чистоты. Предусмотрено восемь марок, допускающих содержание примесей  $0,15\text{--}1,0 \%$ . Название марки указывает ее чистоту. Например, марка А8 обозначает, что в металле содержится  $99,8 \%$  алюминия, а в марке А99 –  $99,99 \%$  алюминия.

В качестве конструкционных материалов алюминий широко применяют в виде сплавов с другими металлами и неметаллами (медь, марганец, магний, кремний, железо, никель, титан, бериллий и др.). Алюминиевые сплавы сочетают в себе лучшие свойства чистого алюминия и повышенные прочностные характеристики легирующих добавок. Так, железо, никель, титан повышают жаропрочность алюминиевых сплавов. Медь, марганец, магний обеспечивают упрочняющую термообработку алюминиевых сплавов. В результате легирования и терми-

ческой обработки в несколько раз удается повысить прочность ( $\sigma_{\text{в}} = 100\text{--}500$  МПа) и твердость (HV = 20–150) алюминия. Все сплавы алюминия подразделяют на деформируемые и литейные.

*Деформируемые алюминиевые сплавы* применяют для получения листов, лент, фасонных профилей, проволоки и различных деталей штамповкой, прессованием, ковкой. В зависимости от химического состава они делятся на семь групп; содержат два-три и более легирующих компонента в количестве 0,2–4,0 % каждого. Например, сплавы алюминия с магнием и марганцем, алюминия с медью, магнием, марганцем и др.

Деформируемые алюминиевые сплавы разделяют на сплавы термически неупрочняемые и термически упрочняемые.

*Термически неупрочняемые сплавы* – это сплавы алюминия с марганцем (АМц) и алюминия с магнием и марганцем (АМг). Они обладают умеренной прочностью, высокой коррозионной стойкостью, хорошей свариваемостью и пластичностью.

*Термически упрочняемые сплавы* приобретают высокие механические свойства и хорошую сопротивляемость коррозии только в результате термической обработки. Наиболее распространены сплавы алюминия с медью, магнием, марганцем (*дюралюмины*) и алюминия с медью, магнием, марганцем и цинком (*сплавы высокой прочности*).

Дюралюмины маркируют буквой Д, после которой стоит цифра, обозначающая условный номер сплава. Термическая обработка дюралюминов состоит в закалке, естественном или искусственном старении. Для закалки сплавы нагревают до 500 °С и охлаждают в воде. Естественное старение производят при комнатной температуре в течение 5–7 суток.

Дюралюмины выпускают в виде листов, прессованных и катаных профилей, прутков, труб. Особенно широко применяют дюралюмины в авиационной промышленности и строительстве.

*Алюминиевые литейные сплавы* содержат почти те же легирующие компоненты, что и деформируемые сплавы, но в значительно большем количестве (до 9–13 % по отдельным компонентам).

Алюминиевые литейные сплавы маркируют буквами АЛ и цифрой, указывающей условный номер сплава. Выпускают 35 марок алюминиевых литейных сплавов, которые по химическому составу можно разделить на пять групп. Например, алюминий с кремнием (АЛ2, АЛ4, АЛ9) или алюминий с магнием (АЛ8, АЛ13, АЛ22) и др.

Сплавы на основе алюминия и кремния называют *силуминами*. Силумины обладают высокими механическими и литейными свойствами: высокой жидкотекучестью, небольшой усадкой, достаточно высокой прочностью и удовлетворительной пластичностью.

Сплавы на основе алюминия и магния имеют высокую удельную прочность и высокую коррозионную стойкость, хорошо обрабатываются резанием.

**Медь и медные сплавы.** *Медь* – вязкий металл розово-красного цвета, хорошо проводящий электрический ток и тепло, обладающий высокой коррозионной стойкостью и хорошей обрабатываемостью.

Чистая медь имеет 11 марок (М006, М06, М16, М1у, М1, М1р, М1ф, М2р, М3р, М2 и М3). Суммарное количество примесей в лучшей марке М006 – 0,01 %, а в марке М3 – 0,5 %. Механические свойства чистой отожженной меди:  $\sigma_s = 220\text{--}240$  МПа, НВ = 40+50,  $\delta = 45\text{--}50$  %.

Чистую медь применяют для электротехнических целей и поставляют в виде полуфабрикатов – проволоки, прутков, лент, листов, полос и труб. Из-за малой механической прочности чистую медь не используют как конструкционный материал, а применяют ее сплавы с цинком, оловом, алюминием, кремнием, марганцем, свинцом. Легирование меди обеспечивает повышение ее механических, технологических и эксплуатационных свойств. Различают три группы медных сплавов: латуни, бронзы, сплавы меди с никелем.

*Латунями* называют двойные или многокомпонентные сплавы на основе меди, в которых основным легирующим элементом является цинк. При введении других элементов (кроме цинка) *латуни* называют *специальными* по наименованию элементов, например железофосфорномарганцевая латунь и т. п.

В сравнении с медью латуни обладают большей прочностью, коррозионной стойкостью и лучшей обрабатываемостью (резанием, литьем, давлением). Латуни содержат до 40–45 % цинка. При большем содержании цинка прочность латуни снижается и увеличивается ее хрупкость. Содержание легирующих элементов в специальных латунях не превышает 7–9 %.

Сплав обозначают начальной буквой Л – латунь. Затем следуют первые буквы основных элементов образующих сплавов: А – алюминий, Ц – цинк, О – олово, Мц – марганец, Ж – железо, Ф – фосфор, Б – бериллий и т. д. Цифры, следующие за буквами, указывают на количество легирующего элемента в процентах. Например, ЛАЖМц66-6-3-2 – алюминийевожелезомарганцовистая латунь, содержащая 66 % меди, 6 % алюминия, 3 % железа и 2 % марганца, остальное – цинк.

По технологическому признаку латуни, как и все сплавы цветных металлов, подразделяют на деформируемые и литейные.

*Деформируемые латуни* выпускают в виде простых латуней, например Л90 (томпак), Л80 (полутомпак), и сложных латуней, например ЛАЖ60-1-1, ЛС63-3 и др. Латуни поставляют в виде полуфабрикатов – проволоки, прутков, лент, полос, листов, труб и других видов прокатных и прессованных изделий. Их широко применяют в общем и химическом машиностроении.

Сплавы меди с оловом, алюминием, кремнием, марганцем, свинцом, бериллием называют *бронзами*. В зависимости от введенного элемента бронзы бывают оловянные, алюминиевые и т. д.

Бронзы обладают высокой стойкостью против коррозии, хорошими литейными и высокими антифрикционными свойствами и обрабатываемостью резанием. Для повышения механических характеристик и придания особых свойств бронзы легируют железом, никелем, титаном, цинком, фосфором. Введение марганца способствует повышению коррозионной стойкости, никеля – пластичности, железа – прочности, цинка – улучшению литейных свойств, свинца – улучшению обрабатываемости.

Бронзы маркируют буквами Бр, правее ставят элементы, входящие в бронзу: О – олово, Ц – цинк, С – свинец, А – алюминий, Ж – железо, Мц – марганец и др. Затем ставят цифры, обозначающие среднее содержание элементов в процентах (цифру, указывающую содержание меди в бронзе, не ставят). Например, марка БрОЦС5-5-5 означает, что бронза содержит олова, цинка и свинца по 5 %, остальное – медь (85 %).

*Оловянные бронзы* содержат в среднем 4–6 % олова, имеют высокие механические ( $\sigma_s = 150\text{--}350$  МПа,  $\delta = 3\text{--}5$  %,  $HV = 60\text{--}90$ ), антифрикционные и антикоррозионные свойства; хорошо отливаются и обрабатываются резанием. Для улучшения качества в оловянные бронзы вводят свинец, повышающий антифрикционные свойства и обрабатываемость; цинк, улучшающий литейные свойства; фосфор, повышающий литейные, механические и антифрикционные свойства.

Различают деформируемые и литейные оловянные бронзы. Деформируемые бронзы поставляются в виде полуфабрикатов (прутки, проволоки, ленты, полосы). Эти бронзы применяют для вкладышей подшипников, втулок деталей приборов и т. п. Литейные оловянные бронзы содержат большее количество олова (до 15 %), цинка (4–10 %), свинца (3–6 %), фосфора (0,4–1,0 %). Литейные бронзы применяют для получения различных фасонных отливок. Высокая стоимость и дефицитность олова – основной недостаток оловянных бронз.

*Алюминиевые бронзы* имеют высокую коррозионную стойкость, хорошие механические и технологические свойства. Эти бронзы хорошо обрабатываются давлением в горячем состоянии, а при содержании алюминия до 8 % – и в холодном состоянии. Бронзы, содержащие 9–11 % алюминия, а также железо, никель, марганец, упрочняются термической обработкой (закалка и отпуск).

Наиболее поддающаяся закалке БрАЖН10-4-4 после закалки (980 °С) и отпуска (400 °С) повышает твердость с  $HV = 170\text{--}200$  до  $HV = 400$ .

*Марганцовистые бронзы* (БрМЦ5) имеют сравнительно невысокие механические свойства, но обладают хорошей сопротивляемостью коррозии и высокой пластичностью, а также

сохраняют механические свойства при повышенных температурах.

*Свинцовистые бронзы* (БрС30) отличаются высокими антикоррозионными свойствами и теплопроводностью (в 4 раза большей, чем у оловянных бронз), их применяют для высоконагруженных подшипников с большими удельными давлениями.

*Бериллиевые бронзы* (БрБ2) после термообработки имеют высокие механические свойства (например, у БрБ2  $\sigma_s = 1250$  МПа, НВ = 350), высокий предел упругости, хорошую коррозионную стойкость, теплостойкость. Из бериллиевых бронз изготавливают детали особо ответственного назначения.

*Кремнистые бронзы* (БрКН1-3, БрКМц3-1) применяют как заменители дорогостоящих бериллиевых бронз.

*Медно-никелевые сплавы* – это сплавы на основе меди, в которых основным легирующим компонентом является никель. По назначению их подразделяют на конструкционные и электротехнические сплавы.

*Кундали* (медь–никель–алюминий) содержат 6–13 % никеля, 1,5–3 % алюминия, остальное – медь. Кундали служат для изготовления деталей повышенной прочности, пружин и ряда электротехнических изделий.

*Нейзильберы* (медь–никель–цинк) содержат 15 % никеля, 20 % цинка, остальное – медь. Нейзильберы имеют белый приятный цвет, близкий к цвету серебра. Они хорошо сопротивляются атмосферной коррозии; их применяют в приборостроении и производстве часов.

*Мельхиоры* (медь–никель и небольшие добавки железа и марганца – до 1 %) обладают высокой коррозионной стойкостью, в частности в морской воде. Их применяют для изготовления теплообменных аппаратов, штампованных и чеканных изделий.

*Копель* (медь–никель – 43 %, марганец – 0,5 %) – специальный термоэлектродный сплав для изготовления термопар.

*Манганин* (медь–никель – 3 %, марганец – 12 %) – специальный сплав с высоким удельным электросопротивлением, используемый в электротехнике для изготовления электронагревательных элементов.

**Константан** (медь–никель – 40 %, марганец – 1,5 %) имеет такое же назначение, как и манганин.

**Титан, магний и их сплавы.** *Титан* – серебристо-белый металл с высокой механической прочностью и высокой коррозионной и химической стойкостью. Для получения сплавов титана с заданными механическими свойствами его легируют алюминием, молибденом, хромом и другими элементами.

Алюминий повышает жаропрочность и механическую прочность титана. Ванадий, марганец, молибден и хром повышают жаропрочность титановых сплавов. Сплавы хорошо поддаются горячей и холодной обработке давлением, обработке резанием, имеют удовлетворительные литейные свойства, хорошо свариваются в среде инертных газов. Сплавы удовлетворительно работают при температурах до 350–500 °С.

По технологическому назначению титановые сплавы делят на деформируемые и литейные, а по прочности – на три группы: низкой ( $\sigma_{\text{в}} = 300\text{--}700$  МПа), средней ( $\sigma_{\text{в}} = 700\text{--}1000$  МПа) и высокой ( $\sigma_{\text{в}} > 1000$  МПа) прочности. К первой группе относят сплавы под маркой ВТ1, ко второй – ВТ3, ВТ4, ВТ5, к третьей – ВТ6, ВТ14, ВТ15 (после закалки и старения).

Для литья применяют сплавы, аналогичные по составу деформируемым (ВТ5Л, ВТ14Л), а также специальные литейные сплавы. Титан и его сплавы, обработанные давлением, выпускают в виде прутков, листов и слитков. Титановые сплавы применяют в авиационной и химической промышленности.

**Магний** – самый легкий из технических цветных металлов, его плотность 1,740 кг/м<sup>3</sup>, температура плавления 650 °С. Технически чистый магний непрочный, малопластичный металл с низкой тепло- и электропроводностью. Для улучшения прочностных свойств в магний добавляют алюминий, кремний, марганец, торий, церий, цинк, цирконий и подвергают термообработке.

**Магниевые литейные сплавы** применяют для изготовления деталей литьем. Их маркируют буквами МЛ и цифрами, обозначающими порядковый номер сплава, например МЛ5. Некоторые сплавы МЛ применяют для изготовления высоконагруженных деталей в авиационной промышленности: картеры, корпуса приборов, фермы шасси и т. п.

*Магниево деформируемые сплавы* предназначены для изготовления полуфабрикатов (листов, прутков, профилей) обработкой давлением. Их маркируют буквами МА и цифрами, обозначающими порядковый номер сплава, например МА5. Сплавы МА применяют для изготовления различных деталей в авиационной промышленности. Ввиду низкой коррозионной стойкости магниевых сплавов изделия и детали из них подвергают оксидированию с последующим нанесением лакокрасочных покрытий.

**Олово, свинец, цинк и их сплавы.** *Олово* – блестящий белый металл, обладающий низкой температурой плавления (231,9 °С) и высокой пластичностью. Применяется в составе припоев, антифрикционных сплавов (бabbит) и медных сплавов (бронза).

*Свинец* – металл голубовато-серого цвета, обладает низкой температурой плавления (327,5 °С) и высокой пластичностью. Входит в состав медных (латунь, бронза), антифрикционных (бabbит) сплавов и припоев.

*Цинк* – серовато-белый металл с высокими литейными и антикоррозионными свойствами, температура плавления 419,5 °С. Входит в состав медных сплавов (латунь) и твердых припоев.

*Антифрикционные сплавы* предназначены для повышения долговечности трущихся поверхностей машин и механизмов.

Антифрикционными сплавами служат сплавы на основе олова, свинца, меди или алюминия, обладающие специальными антифрикционными свойствами (низкий коэффициент трения, хорошая прирабатываемость к сопрягаемой детали, высокая теплопроводность, способность удерживать смазку и др.).

Из антифрикционных сплавов широко применяют бabbит, бронзу, алюминиевые сплавы, чугун и металлокерамические материалы.

*Бabbиты* – антифрикционные материалы на основе олова или свинца. Их применяют для заливки вкладышей подшипников скольжения, работающих при больших окружных скоростях и при переменных и ударных нагрузках. По химическому составу бabbиты классифицируют на три группы: оловянные (Б83, Б88), оловянно-свинцовые (БС6, Б16) и

свинцовые (БК2, БКА). Последние не имеют в своем составе олова.

Лучшими антифрикционными свойствами обладают оловянные баббиты. Баббиты на основе свинца имеют несколько худшие антифрикционные свойства, чем оловянные, но они дешевле и менее дефицитны. Свинцовые баббиты применяют в подшипниках, работающих в легких условиях. В марках баббитов цифра показывает содержание олова. Например, баббит БС6 содержит по 6 % олова и сурьмы, остальное – свинец.

Для *оловянных* и *оловянно-фосфористых бронз* характерны высокие антифрикционные свойства: низкий коэффициент трения, небольшой износ, высокая теплопроводность, что позволяет подшипникам, изготовленным из этих материалов, работать при высоких окружных скоростях и нагрузках.

*Алюминиевые бронзы*, используемые в качестве подшипниковых сплавов, отличаются большой износостойкостью, но могут вызвать повышенный износ вала. Их применяют вместо оловянных и свинцовых баббитов и свинцовых бронз.

*Свинцовые бронзы* в качестве подшипниковых сплавов могут работать в условиях ударной нагрузки.

*Латуни* по антифрикционным свойствам уступают бронзам. Их используют для подшипников, работающих при малых скоростях и умеренных нагрузках.

Из-за дефицитности олова и свинца применяют сплавы на менее дефицитной основе, например *алюминиевые*. Они обладают хорошими антифрикционными свойствами, высокой теплопроводностью, хорошей коррозионной стойкостью в масляных средах и достаточно хорошими механическими и технологическими свойствами. Их применяют в виде тонкого слоя, нанесенного на стальное основание, т. е. в виде биметаллического материала.

Для работы в подшипниковых узлах трения применяют специальные *антифрикционные чугуны*. Изготавливают три типа антифрикционного чугуна: серый, высокопрочный с шаровидным графитом и ковкий. Антифрикционный чугун идет на изготовление червячных зубчатых колес, направляющих для ползунов и других деталей машин, работающих в условиях трения.

*Металлокерамические сплавы* получают прессованием и спеканием порошков бронзы или железа с графитом (1–4 %). Пористость сплава 15–30 %. После спекания сплавы пропитывают минеральными маслами, смазками или маслографитовой эмульсией. Сплавы хорошо прирабатываются к валу, а наличие смазки в порах способствует снижению износа подшипника.

#### **1.4. КОРРОЗИЯ МЕТАЛЛОВ И МЕРЫ БОРЬБЫ С НЕЙ**

*Коррозия* – процесс химического или электрохимического разрушения металлов под действием окружающей среды.

Установлено, что от коррозии ежегодно теряется безвозвратно около 10 % производимых металлов, т. е. годовая продукция крупного металлургического завода. На коррозионную стойкость влияет чистота обработки поверхности детали: чем грубее она обработана, тем больше удерживает влагу, пыль, грязь и т. п. В этом случае изделие больше подвержено коррозии, чем, например, после полирования.

В процессе *химического* разрушения на поверхности металла образуется пленка из продуктов коррозии, обычно оксидов. В некоторых случаях эта пленка может защищать лежащий под ней металл от дальнейшей коррозии. Сравнительно плотные оксиды пленки образуются на поверхности алюминия, свинца, олова, никеля, хрома. При окислении железа в сухом воздухе или в атмосфере сухого кислорода образуется также достаточно плотная пленка, но она по мере роста растрескивается и отслаивается от металла. Чаще всего химическая коррозия происходит в среде сухих газов при высокой температуре (металлическая арматура печей, клапаны двигателей и т. д.) или в жидкостях неэлектролитов (окисление металла в спирте, бензине, нефти, мазуте и т. п.).

При *электрохимической* коррозии металл разрушается вследствие его растворения в жидкой среде, являющейся электролитом. Сущность процесса электрохимической коррозии заключается в том, что атомы, находящиеся в узлах кристаллической решетки металла, при контакте с раствором электролита переходят в раствор в форме ионов, оставляя эквивалентное количество электронов в металле. Переход ато-

мов металла в ионы и растворение их в жидком электролите определяется величиной нормального электродного потенциала. Чем отрицательнее нормальный электродный потенциал, тем более резко выражено стремление металла к растворению в электролитах (например, свинец растворяется значительно медленнее железа). Данный вид коррозии может также возникнуть при контакте двух разнородных металлов в присутствии электролита, когда между этими металлами возникает гальванический ток.

В гальванической паре любых двух металлов будет растворяться тот металл, который обладает более отрицательным электродным потенциалом. Например, железо имеет более низкий отрицательный электродный потенциал, чем цинк, и более высокий, чем медь. Следовательно, при контакте железа с цинком будет разрушаться цинк, а при контакте железа с медью – железо. Гальванические пары при коррозии образуются не только между отдельными участками контактирующих металлов, но и между микроскопически малыми кристалликами одного и того же сплава, если они различаются по химическому составу и физическим свойствам. В результате возникает коррозионное разрушение, которое может проникнуть очень глубоко и идти по границам раздела зерен (межкристаллическая коррозия).

На скорость растворения металла в электролите влияют примеси, способы обработки металла, концентрация электролитов. Металл, находящийся под нагрузкой, корродирует значительно быстрее ненагруженного, так как нарушается целостность защитной пленки и образуются микротрещины (коррозионное растрескивание).

В зависимости от характера окружающей среды электрохимическая коррозия может быть *подводной, атмосферной, почвенной, вызванной блуждающими токами*. Электрохимическая коррозия металлов в воде обуславливается присутствием в ней растворенного кислорода. При атмосферной коррозии электролитом служит тонкая пленка влаги, сам же процесс коррозии ничем не отличается от коррозии в воде.

Активному протеканию коррозии способствуют углекислый и особенно сернистый газы, хлористый водород, различные соли.

Чтобы предотвратить разрушение деталей, работающих в коррозионных средах, некоторые металлы заменяют другими материалами, не подверженными коррозии, например пластмассой.

Для защиты металлических изделий от коррозии применяют следующие методы:

- нанесение неметаллических и металлических покрытий;
- защита оксидными пленками;
- электрохимическая (протекторная) защита;
- легирование.

**Неметаллические покрытия.** Этот метод заключается в нанесении на поверхность защищаемых металлических изделий краски, лака, эмали, пластмассы, смазки и др. Слои такого защитного материала предохраняют металл от действия окружающей среды.

*Краску* (масляную) применяют для защиты от коррозии труб и радиаторов центрального отопления; наружной поверхности чугунных ванн, раковин, моек; воздухопроводов из кровельной и тонколистовой стали, работающих в атмосфере, не содержащей паров кислот и щелочей; металлических конструкций автомобилей, кранов, различных строительных машин. Краску наносят на поверхность изделия кистью, пистолетом-краскораспылителем или же окунают изделие в сосуд с краской и затем сушат.

*Лаки* используют для защиты от коррозии воздухопроводов из кровельной и тонколистовой стали, которые работают в атмосфере, не содержащей агрессивных паров.

*Эмали* применяют для защиты от коррозии металлоконструкций автомобильных кранов, экскаваторов и других строительных машин. Способ нанесения эмалей такой же, как и для красок.

Эмалирование применяют также для покрытия лицевых (рабочих) поверхностей чугунных и стальных санитарных приборов: ванн, душевых поддонов и др. Эмалирование заключается в том, что на поверхность изделия наносят в измельченном виде тонкий слой специального непрозрачного стекла – эмали. Эмаль закрепляют на поверхности изделия путем обжига изделия в специальных печах. Слои эмали при-

даст красивый внешний вид и предотвращает непосредственный контакт коррозионной среды с металлической основой.

*Пластмассу* наносят на поверхность изделия распылением в расплавленном состоянии струей горячего воздуха с помощью специальной установки. Расплавленные частички пластмассы надежно сцепляются с поверхностным слоем изделия и создают прочный плотный защитный слой.

*Смазку* используют главным образом при хранении изделия на складе и транспортировании. В условиях эксплуатации смазка является ненадежной защитой от коррозии, так как ее слой легко нарушается. Смазку наносят кистью либо окунают изделие в сосуд с расплавленной смазкой.

**Металлические покрытия.** Этот метод антикоррозионной защиты заключается в нанесении на поверхность изделия слоя металла, хорошо противостоящего коррозии. Для покрытия применяют хром, никель, цинк, кадмий, олово, свинец и другие металлы. Защитный слой металла наносят на поверхность изделия различными способами.

Горячий способ покрытия состоит в нанесении на поверхность изделия тонкого защитного слоя металла, находящегося в расплавленном состоянии. В зависимости от вида наносимого металла горячий способ называют цинкованием, лужением (покрытие оловом), свинцеванием и др.

*Цинкованием* защищают от коррозии кровельную и тонколистовую сталь, стальную проволоку, водогазопроводные трубы, детали calorиферов, закладные детали железобетонных конструкций и др.

*Лужение* применяют для защиты от коррозии пищевой посуды, для изготовления белой жести – тонколистовой стали, покрытой с обеих сторон слоем олова. Лудят электрические контакты, чем достигают не только антикоррозионной защиты, но и устраняют искрение, так как олово не окисляется, а оксиды препятствуют хорошему контакту.

*Свинцеванием* предохраняют от коррозии химическую аппаратуру, трубы для перемещения коррозионных сред.

Горячим способом изделие покрывают (например, оловом) в следующем порядке. Изделие очищают от грязи и обезжиривают. Для этого мелкие детали зачищают шкуркой или

другим способом, а листы и крупные изделия погружают в бак с раствором серной кислоты для растворения окислы.

После удаления окислы поверхность изделия промывают водой и окунают его в хлорид цинка – травленую соляную кислоту. Подготовленное изделие лудят. На мелкие изделия олово можно наносить паяльником. Листы и крупные изделия погружают в расплавленное олово, затем вынимают и встряхивают. Лишнее олово стекает, а тонкий его слой удерживается на поверхности изделия.

При горячем цинковании подготовленное изделие после травления погружают в расплавленный цинк.

*Гальванический способ* нанесения металлического защитного покрытия заключается в следующем. Подвешивают изделие в гальванической ванне, содержащей водный раствор соли металла покрытия, а также пластину металла покрытия, который в ванне постепенно растворяется. При прохождении электрического тока частички металла покрытия переносятся им и равномерно осаждаются на всей поверхности изделия. Толщину слоя можно регулировать, меняя величину тока и время его прохождения. Гальваническим способом никелируют и хромируют смесители холодной и горячей воды, ручки управления, покрывают оловом стальные листы при получении белой жести и др.

*Металлизацией распылением* наносят расплавленный металл с помощью металлизатора в распыленном виде на поверхность изделия. Металл покрытия подается в металлизатор в виде проволоки, которая расплавляется электрической дугой и выбрасывается струей сжатого воздуха в виде мельчайших капелек. Ударяясь о поверхность изделия, капельки металла сцепляются с ней и образуют защитный слой. Для таких покрытий чаще других металлов применяют цинк, кадмий и алюминий.

Металлизацию распылением применяют для защиты от коррозии крупных изделий в тех случаях, когда применение других способов защиты невозможно. Стальные конструкции покрывают цинком и кадмием, конструкции из алюминиевых сплавов – алюминием и цинком. Недостаток такого способа в том, что покрытие получается пористым, уступающим

по плотности гальваническому покрытию. Этим способом не только защищают изделия от коррозии, но и восстанавливают изношенные детали (валы, пальцы и др.).

*Диффузионным способом* поверхность изделия насыщают инородным металлом на определенную глубину. Для этого в металлический ящик закладывают изделие и засыпают их порошком, содержащим защитный металл (алюминий, хром, цинк) или его соединения. Ящик с содержимым помещают в печь. В результате нагревания и выдержки при температуре 900–1000 °С поверхностный слой изделия поглощает защитный металл. После этого ящик извлекают из печи, дают остыть и освобождают его от готовых изделий. Этот способ применяют не только для антикоррозионной защиты, но и для повышения твердости и износоустойчивости деталей, работающих на истирание (шеек валов и осей).

*Плакирование* – это совместная прокатка листов основного металла с листами более стойкого против коррозии металла. Например, в результате плакирования лист дуралюмина покрывают тонким слоем алюминия, защищающим его от коррозии. Этим способом углеродистую сталь, применяемую для ряда аппаратов химического производства и контактирующую с жидкими коррозионными средами, покрывают коррозионностойкой сталью, медью.

**Защита оксидными пленками.** Этот метод состоит в создании на поверхности изделия оксидной пленки, предохраняющей его от дальнейшей коррозии. Пленка образуется в результате воздействия на изделие различных растворов.

*Оксидирование* – процесс погружения стального изделия в раствор азотнокислой соли при температуре около 140 °С. При этом изделие приобретает сине-черный цвет. После оксидирования изделие покрывают маслом, которое заполняет поры в оксидной пленке и препятствует проникновению влаги в металл.

*Фосфатирование* – процесс создания защитных оксидных пленок путем погружения изделия в раствор фосфорнокислых солей (солей фосфорной кислоты).

**Электрохимическая (протекторная) защита.** Этот метод применяют для изделий, работающих в условиях жидких коррозионных сред (грунтовые воды, морская вода и др.).

К поверхности защищаемого изделия из стали прикрепляют протекторы — пластины из цинка или другого металла. Между цинком и сталью возникает электрический ток. При этом цинковый протектор разрушается, предохраняя стальное изделие от коррозии. Разрушившийся цинковый протектор заменяют новым.

Стальные трубопроводы, проложенные в земле, защищают от коррозии не только битумными покрытиями, но и установкой вдоль линии трубопровода протекторов из магниевых сплавов МЛ4 или МЛ5, имеющих форму цилиндра.

**Легирование.** Этот метод заключается в том, что при выплавке в состав сплава вводят элементы, повышающие его коррозионную стойкость. Такими элементами являются хром, никель, титан и др. Их обычно вводят в состав коррозионно-стойких сталей. Изделия из полученных таким способом сталей могут служить в наиболее коррозионных средах: при воздействии кислот, при высоких температурах и др. Например, выпускной клапан двигателя внутреннего сгорания работает в условиях высоких температур в соприкосновении с продуктами сгорания топлива, являющимися сильнокоррозионной средой. Поэтому клапан изготовляют из хромокремнистой стали 40Х9С2, в состав которой, кроме железа и углерода, входит 9 % хрома и 2 % кремния.

Применение описанных методов антикоррозионной защиты металлов должно сочетаться с такими мерами, как содержание рабочего места в чистоте, своевременная чистка и смазка инструментов и приспособлений, создание надлежащих условий для хранения деталей, инструментов и оборудования.

### 1.5. ПЛАСТМАССЫ

*Пластические массы (пластмассы)* — неметаллические композиционные материалы на основе полимеров (смола), способные под влиянием нагревания и давления формироваться в изделия и устойчиво сохранять в результате охлаждения или отверждения приданную им форму.

Для пластмасс характерны малая плотность, высокая устойчивость против коррозии, в большинстве случаев низкий коэф-

фициент трения, высокие электро-, теплоизоляционные и демпфирующие свойства, декоративность. Их недостатки – низкие теплостойкость и теплопроводность, гигроскопичность, склонность к старению и снижению прочностных свойств под воздействием температуры, времени и различных сред.

Основу пластмасс составляют полимеры, от типа и количества которых зависят физические, механические и технологические свойства пластмасс.

*Полимеры* – высокомолекулярные соединения (рис. 1.2), имеющие линейную, разветвленную или пространственную структуру. Молекула полимера – это длинная цепь, состоящая из отдельных звеньев, однотипных по химическому составу и строению (гомополимер) или разнотипных (сополимер).

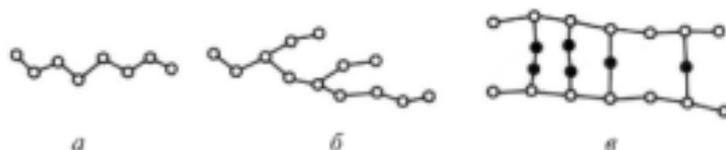


Рис. 1.2. Структура полимеров: *a* – линейная; *б* – разветвленная; *в* – пространственная

Полимеры со временем могут значительно изменять свои свойства и стареть. При этом снижается механическая прочность, уменьшается эластичность, повышается хрупкость. Старение полимеров происходит в результате физико-химических процессов, в основном деструкции – разрыва химических связей в цепи макромолекул. Деструкцию полимеров вызывает нагрев, воздействие окислительных реагентов, облучение и т. д.

Механическая деструкция происходит при истирании и разрыве полимерных материалов. Термическая деструкция зависит от структуры полимера и приводит к его распаду на исходные мономеры. Химическая деструкция возникает под влиянием кислорода воздуха и может ускоряться под действием света.

Для замедления процесса старения в пластмассы добавляют различные стабилизаторы – органические вещества, которые уменьшают действие того или иного фактора.

В зависимости от вида связей между молекулами полимеров и их поведения при повышенных температурах пластмассы разделяют на термопластичные (термопласты) и термоактивные (реактопласты).

*Термопласты* получают на основе полимеров, молекулы которых связаны слабыми межмолекулярными силами. Наличие таких межмолекулярных связей позволяет полимеру много раз размягчаться при нагревании и твердеть при охлаждении, не теряя своих первоначальных свойств. К термопластам относят полиэтилен, капрон, полиамиды, поливинилхлорид, винилпласты, фторопласты, органическое стекло и др.

*Реактопласты* получают на основе полимеров, молекулы которых наряду с межмолекулярными силами могут связываться химически. Возникновение прочных химических связей в полимерах происходит при нагревании или при введении отверждающих добавок – отвердителей (веществ, которые в количестве нескольких процентов вводят в реактопласты для соединения полимерных молекул химическими связями). При возникновении химических связей полимер превращается в жесткое неплавящееся и нерастворимое вещество. Примером реактопластов могут служить эпоксидные и полиэфирные смолы, фенопласты и другие полимеры.

Пластмассы разделяют также на *пластики* и *эластики*. Первые называют жесткими, они имеют незначительное относительное удлинение, вторые – мягкими, они имеют большое относительное удлинение и малую упругость.

По составу пластмассы разделяют на две группы – *незаполненные* и *заполненные* (композиционные).

*Незаполненные пластмассы* – это полимеры в чистом виде, например полиэтилен, полиамид, органическое стекло и др.

*Заполненные пластмассы* – это сложные композиции, содержащие кроме полимера различные добавки. Добавки позволяют изменять свойства полимера в нужном направлении. К добавкам относят наполнители, пластификаторы, стабилизаторы, катализаторы, красители, отвердители и специальные добавки.

*Наполнители* упрочняют материал, удешевляют его и придают ему специальные свойства, например повышают тепло-

стойкость, уменьшают усадку и т. д. В качестве наполнителей используют органические (древесная мука, целлюлоза, хлопковые очесы, хлопчатобумажная ткань, древесный шпон, бумага и др.) и неорганические (графит, тальк, асбест, кварц, слюда, стекловолокно, стеклоткань и др.) вещества. В пластмассе может содержаться до 70 % наполнителей.

*Пластификаторы* облегчают переработку пластмасс и делают их более эластичными. Кроме того, пластификаторы увеличивают гибкость, уменьшают хрупкость и улучшают формуемость пластмасс. В качестве пластификаторов используют эфиры, дибутилфталат, касторовое масло и др. Их добавляют в пластмассы в количестве 10–20 %.

*Стабилизаторы* – различные органические вещества, способствуют предотвращению старения пластмасс и сохранению их полезных характеристик.

*Катализаторы* – вещества (известь, магнезия и др.), ускоряющие отверждение пластмасс.

*Красители* – вещества (сурик, мумия, нигрозин и др.), придающие пластмассам требуемый цвет.

*Отвердители* ускоряют процессы отверждения смол и получения пластмасс.

*Специальные добавки* – вещества, которые служат для изменения или усиления какого-либо свойства. К ним относят смазывающие вещества (стеарин, олеиновая кислота и др.), которые увеличивают текучесть, уменьшают трение между частицами композиций и устраняют прилипание к пресс-формам, вещества для уменьшения статических электрических зарядов, уменьшения горючести, защиты от плесени и т. д.

Рассмотрим назначение и свойства некоторых видов пластмасс.

**Полиэтилен.** Обладает рядом ценных свойств: влаго- и газонепроницаем, не набухает в воде, эластичен в широком интервале температур, устойчив к действию кислот и щелочей, обладает очень хорошими диэлектрическими свойствами.

Полиэтилен выпускают высокого давления (ВД) и низкого давления (НД), которые различаются методом изготовления и физико-химическими свойствами. Полиэтилен ВД имеет температуру плавления 115 °С, а полиэтилен НД – 120–135 °С.

Полиэтилен НД обладает большей механической прочностью и жесткостью, чем полиэтилен ВД, и используется для изготовления труб, шлангов, листов, пленки, деталей высококачественных установок и радиоаппаратуры, различных емкостей. Литьем изготавливают вентили, краны, золотники, зубчатые колеса, работающие с малой нагрузкой. Полиэтилен ВД применяют как упаковочный материал в виде пленки или в виде небьющейся химической посуды.

Ввиду недостаточной прочности полиэтилен для изготовления деталей машин применяют ограниченно. Основным недостатком полиэтилена – его невысокая теплостойкость, изделия из него рекомендуется использовать при температуре не выше 80 °С. Полиэтилен хорошо обрабатывается и перерабатывается всеми известными способами: литьем под давлением, вакуум-формованием, экструзией, механической обработкой, сваркой.

**Поливинилхлорид.** Пластифицированный поливинилхлорид называют *пластиком*, непластифицированный твердый листовый материал – *винилпластом*. Пластмассы на основе поливинилхлорида обладают хорошими диэлектрическими и механическими свойствами. Однако они имеют невысокую термостойкость – до 60 °С. Поливинилхлорид не стоек к действию ароматических и хлорированных углеводородов и концентрированной азотной кислоты.

Рабочая температура винилпласта для нагруженных деталей от 0 до 40 °С. Винилпласт при пониженных температурах становится хрупким; при резких изменениях температуры коробится, а при нагреве до 40–60 °С разупрочняется и теряет жесткость. Он не горит, но при температуре 120–140 °С начинает размягчаться, что используется для сварки отдельных листов между собой. В пламени обугливается; температура разложения 160–200 °С. Склонен к старению под влиянием атмосферных воздействий и химических реагентов, при этом приобретает повышенную хрупкость и пониженную прочность при разрыве.

Винилпласт выпускают главным образом в виде листов, труб, стержней, уголка. Изделия из винилпласта изготавливают выдавливанием, штамповкой, гибкой, механической обработ-

кой, сваркой, клеевой. Склеивание осуществляют перхлорвиниловым клеем. Гибку, штамповку, вытяжку можно проводить при нагреве (130 °C).

Из винипласта изготавливают емкости в химическом машиностроении, аккумуляторные баки и сепараторы для аккумуляторов, вентили, клапаны, фитинги для трубопроводов, крышки, пробки, плитки для футеровки электролизных и травильных ванн, детали насосов и вентиляторов и другие изделия.

Изделия из винипласта не должны подвергаться толчкам и ударам при низких температурах, их прочность зависит от величины и продолжительности действия деформирующих усилий. Во все композиции на основе поливинилхлорида вводят стабилизирующие вещества для защиты от теплоты и света.

Пластикаты применяют для изоляции и оболочек проводов и кабеля, производства медицинских изделий, в строительной промышленности. Пасты из поливинилхлорида с пластификатором используют для защиты металлов от коррозии.

**Полиамиды.** Отличаются сравнительно высокой прочностью и низким коэффициентом трения. Наибольшее распространение из полиамидов получил *капрон* как относительно дешевый и наименее дефицитный материал. Его износостойкость в несколько раз выше, чем стали, чугуна и некоторых цветных металлов. Наилучшими антифрикционными свойствами обладает капрон с добавлением 3–5 % графита. Ввиду низкой теплопроводности капрона (в 250–300 раз меньше, чем у металлов) при конструировании подшипников необходимо принимать меры для обеспечения хорошего теплоотвода. Капрон отличается удовлетворительной химической стойкостью, а также стойкостью к щелочам и большинству растворителей (бензину, спирту и др.).

Для изготовления деталей из капрона и других полиамидов широко используют метод литья под давлением. Капрон хорошо обрабатывается резанием, склеивается и сваривается. Из него выполняют детали антифрикционного назначения, подшипники, зубчатые колеса, кронштейны, рукоятки,

крышки, корпуса, трубопроводную арматуру, шайбы, прокладки и т. п.

**Полистирол.** Это бесцветный прозрачный материал, обладающий абсолютной водостойкостью, высокими электроизоляционными свойствами, светостойкостью и твердостью.

Полистирол стоек к плесени, к щелочным и кислым средам и растворяется в ароматических и хлорированных углеводородах. Его диэлектрические свойства мало изменяются при изменении температуры от  $-80$  до  $+110$  °С. К недостаткам полистирола относят его малую теплостойкость, хрупкость и подверженность старению и растрескиванию. Для предотвращения растрескивания в полистирольные материалы вводят пластификаторы или минеральные наполнители.

Перерабатывается полистирол методом литья под давлением, экструзией и выдуванием. Изделия из полистирола можно подвергать любым видам механической обработки.

Из полистирола изготовляют антенны, панели, катушки, лабораторную посуду. Из блочного полистирола экструзией (выдавливанием) можно получать трубки, стержни и другие профильные изделия, пленки, ленты и нити различной толщины. Полистирольные трубки применяют для изоляции высокочастотных проводов, изготовления деталей радиолокационной аппаратуры, изоляторов. Этот полимер широко используют для изготовления бытовых изделий.

**Фторопласты.** Эти полимеры состоят преимущественно из углерода и фтора. Наибольшее применение в промышленности получили непрозрачные для света фторопласт-4 и фторопласт-3.

Фторопласт-4 химически абсолютно стоек. На него оказывают действие только расплавы солей щелочных металлов и фтор при высоких температурах. Коэффициент трения фторопласта-4 в 7 раз ниже коэффициента трения хорошо полированной стали, что способствует использованию его в машиностроении для трущихся деталей без применения смазки, однако при незначительных нагрузках, так как фторопласт-4 обладает хладотекучестью, увеличивающейся с повышением температуры. Фторопласт-4 работает в интервале температур от  $-250$  до  $+260$  °С. Он не перерабатывается обычными мето-

дами для переработки термопластов, поскольку не переходит в вязкотекучее состояние. Изделия из фторопласта-4 получают спеканием при температуре 350–370 °С порошка, спрессованного по форме детали.

Фторопласт-3 при нагреве до температуры 210 °С размягчается и плавится, что дает возможность перерабатывать его методом литья под давлением. Фторопласт-3 может работать в интервале температур от –80 до +70 °С. Он химически стоек, но набухает в органических растворителях. Более тверд и механически прочен, чем фторопласт-4, не обладает холодной текучестью.

Фторопласты широко применяются для изготовления уплотнительных деталей – прокладок, набивок, работающих в агрессивных средах, мембран, химически стойких деталей (труб, гибких шлангов, кранов и т. д.), самосмазывающихся вкладышей подшипников, насосов, тары пищевых продуктов, используют в восстановительной хирургии. Фторопласты также нашли применение для защиты металла от воздействия агрессивных сред.

**Полиметилметакрилат.** Это термопластический материал (органическое стекло), обладающий прозрачностью, твердостью, стойкостью к атмосферным воздействиям, водостойкостью, стойкостью ко многим минеральным и органическим растворителям, высокими электроизоляционными и антикоррозионными свойствами. Он выпускается в виде прозрачных листов и блоков. Органические стекла выгодно отличаются от минеральных стекол низкой плотностью, упругостью, отсутствием хрупкости вплоть до –50–60 °С, более высокой светопрозрачностью, легкой формуемостью в детали сложной формы, простотой механической обработки, а также свариваемостью и склеиваемостью. Однако по сравнению с минеральными органические стекла обладают более низкой поверхностной твердостью. Поэтому поверхность органического стекла легко повреждается, и его оптические свойства нарушаются.

Теплостойкость органического стекла ниже, чем минерального. Кроме того, органическое стекло легко загорается.

Крупные изделия сферической формы изготавливают из разогретых листов методом формования при помощи вакуума.

Мелкие изделия получают штамповкой заготовок из нагретого листа, вытяжкой и выдуванием горячим воздухом.

Раствор органического стекла в дихлорэтаноле используют в качестве клея для соединения органического стекла. Листы из органического стекла сваривают методом контактной сварки при температуре 140–150 °С и давлении 0,5–1,0 МПа. Органическое стекло применяется для изготовления санитарно-технического оборудования, светильников, фонарей, деталей приборов управления.

**Поликарбонаты.** Это новые термопластические материалы, обладающие ценными свойствами: высокой поверхностной твердостью, ударной прочностью и теплостойкостью. Они водостойки и стойки к окислительным средам при повышенных температурах; совершенно прозрачны и могут быть использованы вместо силикатного стекла. Поликарбонаты применяют для изготовления зубчатых колес, втулок, клапанов, кулачков и других подобных деталей. Поликарбонаты перерабатывают в изделия всеми способами, применяемыми для изготовления изделий из термопластов.

**Пенопласт.** Это полимер, отличающийся химической стойкостью и атмосферостойкостью. По водостойкости пенопласт аналогичен фторопластам, полиэтилену и полистиролу. Из пенопласта изготавливают химически стойкие трубы, клапаны, вентили, сепараторные кольца, подшипники, детали часовых механизмов.

**Полиимиды.** Это новый вид термопластичных пластмасс, обладающих высокой нагревостойкостью (220–250 °С), хорошими электрическими характеристиками и большими значениями механических характеристик. Полиимидные пластмассы могут использоваться при температуре до –155 °С. Они химически стойки; не растворяются в большинстве органических растворителей, на них не действуют разбавленные кислоты, минеральные масла и вода. Разрушение полиимидов вызывают концентрированные кислоты, щелочи и перегретый водяной пар.

Из полиимидов получают электроизоляционные пленки светло-желтой или коричневой окраски толщиной 5–100 мкм и более.

На основе полиимидов изготавливают различные пластмассовые изделия электроизоляционного и конструкционного назначения. Для этого используют как чистые полиимиды, так и наполненные стекловолокном и другими нагревостойкими наполнителями. Изделия из полиимидов изготавливают литьем и прессованием при температуре 350–400 °С.

**Фенопласты.** Их изготавливают на основе фенолоформальдегидных смол. Они широко распространены благодаря простому и дешевому способу получения сырья и его переработки, а также возможности изготовления из этих материалов сложных изделий. Фенопласты отличаются высокой прочностью, теплостойкостью, стойкостью к кислотам, щелочам и органическим растворителям, а также наличием диэлектрических свойств. Из фенолоформальдегидных смол с добавкой наполнителей изготавливают пресс-порошки, волокнистые и слоистые пластики.

**Текстолит.** Это слоистая пластмасса, где в качестве наполнителя используется хлопчатобумажная ткань, в качестве связующего – фенолоформальдегидная смола.

Текстолит обладает относительно высокой механической прочностью, малой плотностью, высокими антифрикционными свойствами, высокой стойкостью к вибрационным нагрузкам, износостойчивостью и хорошими диэлектрическими свойствами. Теплостойкость текстолита 120–125 °С.

Текстолит нашел широкое применение как заменитель цветных металлов для вкладышей подшипников прокатных станов в металлургической промышленности, как конструкционный и подделочный материал в авиа- и машиностроении; для изготовления шестерен в автомобилях и других технических изделиях, к которым предъявляются высокие механические требования. Текстолитовые шестерни, в отличие от металлических, работают бесшумно.

Электротехнический текстолит применяют для изготовления электроизоляционных изделий повышенной прочности – изолирующих роликов, пазовых и изолирующих клиньев в генераторах, разных изолирующих деталей для работы на воздухе и в трансформаторном масле.

**Гетинакс.** Это слоистая пластмасса на основе фенолоформальдегидной смолы и листов бумаги. Гетинакс выпускают под марками А, Б, В, Г. Гетинакс марок А и В имеет повышенные электрические свойства, марок Б и Г – повышенную механическую прочность. Гетинакс выпускают в виде листов толщиной 0,5–50 мм, стержней диаметром до 25 мм и трубок различных диаметров. Его применяют главным образом как электроизоляционный материал. Выпускают также декоративный гетинакс для отделочных работ. Из гетинакса готовят фасонные изделия технического и бытового назначения.

**Асботекстолит.** Это слоистый пластик на основе асбестовой ткани, пропитанной фенолоформальдегидной смолой, устойчив к резким колебаниям температуры и влажности, бензостоек, отличается высокими фрикционными, электро- и теплоизоляционными свойствами. Из асботекстолита выполняют тормозные колодки и диски сцепления.

**Газонаполненные пластмассы.** К ним относят легкие пластмассы – пенопласты и поропласты, которые состоят из мельчайших ячеек или пор, отделенных друг от друга тонкой пленкой полимера. Материалы, состоящие из замкнутых, не сообщающихся ячеек, называют *пенопластами*, а материалы, в которых преобладают сообщающиеся между собой поры – *поропластами*. Если от материала требуются высокие тепло- и электроизоляционные свойства и водонепроницаемость, следует применять пенопласты. Для звукоизоляции используют поропласты. Пено- и поропласты получают насыщением расплавленной смолы газами под давлением, при этом происходит вспенивание полимера. В пенопластах 90–95 % объема занимают газы.

Наибольшее применение получили *пенополиуретаны*, обладающие высокими диэлектрическими, тепло-, звуко- и виброизоляционными свойствами, высокой удельной прочностью, большой влагостойкостью, стойкостью к кислотам и щелочам, малым коэффициентом теплопроводности, низкой плотностью (до 20 кг/м<sup>3</sup>).

**Фольгированные пластмассы.** Они имеют специальное назначение: их применяют при изготовлении плат с печатным монтажом, кодовых переключателей, печатных якорей электродвигателей и других деталей.

Фольгированные пластмассы представляют собой слоистый пластик (гетинакс, стеклотекстолит), облицованный с одной либо с двух сторон медной фольгой толщиной 35 или 50 мкм.

Медную фольгу получают электролитическим осаждением, что обеспечивает ей однородный состав. Для улучшения сцепления с пластиком одну сторону фольги обрабатывают в щелочном растворе (оксидируют). Фольгу с пластиком склеивают клеем БФ-4 в процессе прессования.

Фольгированные пластики должны удовлетворять требованиям, связанным с технологией производства печатных схем, и условиям их эксплуатации. Фольгированный пластик должен выдерживать воздействие повышенных температур в процессе производства печатных плат (взаимодействие припоя при пайке схем) и обеспечивать достаточную прочность сцепления фольги при длительной эксплуатации изделий.

#### 1.6. АБРАЗИВНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИНСТРУМЕНТ

**Абразивные материалы.** Абразивными называют мелкозернистые или порошковые неметаллические вещества (химические соединения элементов), обладающие очень высокой твердостью и имеющие острые режущие грани. Абразивные материалы разделяют на *природные* (наждак, кварцевый песок, кремль, корунд), которые находят ограниченное применение вследствие неоднородности свойств, и *искусственные* (синтетический алмаз, электрокорунд, карбид бора, карбид кремния и др.), широко используемые в промышленности. Их применяют для получения шлифовальных кругов, сегментов, головок, брусков, гибких шлифовальных и полировальных лент и шкурков, а также в виде полировальных паст. Абразивные зерна используют для гидроабразивной (абразивно-жидкостной), абразивно-импульсной (ультразвуковой) и абразивно-химической обработки твердых сплавов.

Абразивные материалы характеризуются абразивной (режущей) способностью, высокой краснотойкостью (1800–2000 °С), зернистостью, твердостью и износостойкостью.

*Абразивная способность* – это основной показатель качества абразива. Она характеризуется массой снимаемого при шлифовании материала до затупления зерен. По абразивной

способности абразивные материалы располагаются в следующем порядке: алмаз, карбид бора, карбид кремния, монокорунд, электрокорунд, наждак, кремь.

*Зернистость* характеризует размер и однородность зерен.

Абразивные материалы подразделяют на четыре группы: шлифзерно, шлифпорошки, микропорошки и тонкие микропорошки. Материалы каждой группы различаются по номерам зернистости. Зернистость абразивных шлифзерна и шлифпорошков определяют в сотых долях миллиметра, а микропорошков – в микрометрах. По крупности абразивные материалы указанных групп разделяют на 27 номеров: шлифзерно 200, 160, 125, 100, 80, 63, 50, 40, 32, 25, 20, 16; шлифпорошки 12, 10, 8, 6, 5, 4, 3; микропорошки M63, M50, M40, M20, M14; тонкие микропорошки M10, M7, M5.

**Абразивный инструмент.** Изготавливают из смеси зерен или порошков абразивного материала со связующим веществом (связкой).

Изготовление абразивных инструментов складывается из следующих операций: размола; измельчения абразивных материалов; сортировки по номерам зернистости; смешивания со связкой и увлажнения; формования для получения определенной формы и размеров изделий; сушки и тепловой обработки.

Связкой называют вещество, способное связывать между собой зерна абразива и удерживать их на поверхности инструмента до затупления. Связки бывают керамические, бакелитовые, вулканитовые и др. Путем тонкого измельчения и смешивания глины, полевого шпата, кварца и других веществ в определенных пропорциях готовят керамическую связку. Искусственная смола – бакелит является основой бакелитовой связки. Вулканитовая связка – искусственный каучук, подвергнутый вулканизации для превращения его в прочный, твердый эбонит.

В зависимости от давления при прессовании инструментов и режима их термообработки абразивные инструменты приобретают различные твердость и структуру.

*Твердость абразивного инструмента* характеризуется способностью связующего удерживать абразивные зерна на рабо-

чей поверхности инструмента в процессе шлифования. Твердость абразивных инструментов принято обозначать буквами: М – мягкий, СМ – среднемягкий, С – средний, СТ – среднетвердый, ВТ – весьма твердый, ЧТ – чрезвычайно твердый. По твердости абразивные инструменты подразделяют на 7 групп и 16 степеней твердости.

*Структура абразивного инструмента* характеризуется соотношением между объемным содержанием абразивных зерен, связки и пор к единице объема инструмента.

Для зачистки и отделки поверхностей изделий пользуются *шлифовальными шкурками*. Это бумага или ткань с наклеенными на нее зёрнами абразивов.

Доводку или притирку и полирование выполняют *абразивными и алмазными пастами*. Пасты состоят из жидких, полужидких или твердых смесей абразивных материалов с добавками химически активных веществ. Все абразивно-доводочные пасты в зависимости от применяемого материала делят на две группы: твердые (алмаз, карбид бора, наждак) и мягкие (оксид хрома, оксид железа, кварц). Кроме абразивных материалов в состав паст для связки входят химически активные олеиновая и стеариновая кислоты, парафин, а также скипидар, канифоль и другие вещества.

Для изготовления *абразивных кругов* используют естественные минералы – алмаз, кварц, корунд, наждак, кремний, гранит – и искусственные – электрокорунд нормальный (Э), электрокорунд белый (ЭБ), монокорунд (М), карбид кремния зеленый (КЗ) и черный (КЧ), карбид бора, борсиликокарбид, электрокорунд хромистый (ЭХ) и титанистый (ЭТ).

Для изготовления высокопроизводительных инструментов, порошков и паст широко применяют алмазы. Пасты из синтетических или природных алмазов используют для окончательной доводки деталей и изделий, алмазные круги – для шлифования заготовок из твердых сплавов и высокотвердых материалов.

Абразивный инструмент принято маркировать обозначениями, характеризующими абразивный материал, связку, зернистость, твердость. По этим данным выбирают инструмент для той или иной технологической операции. Марка

проставляется краской на абразивном инструменте. Например, маркировка ПП450×50×127ЗА3Э50С1Б на шлифовальном круге означает: ПП – круг плоский прямоугольного профиля; 450 – наружный диаметр круга; 50 – высота круга; 127 – диаметр отверстия круга (все размеры в миллиметрах); ЗА3 – Златоустовский абразивный завод; Э – электрокорунд; 50 – зернистость; С1 – средняя твердость 1; Б – бакелитовая связка.

### 1.7. ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

При изготовлении машин, механизмов, приспособлений используются разнообразные вспомогательные материалы.

**Резиновые материалы.** *Резина* – продукт химического превращения (вулканизации) синтетического и натурального каучуков. Резина обладает высокой эластичностью, что позволяет изделиям из нее выдерживать значительные деформации. Эластичность сочетается с высоким сопротивлением разрыву, истиранию, способностью поглощать колебания, газо- и водонепроницаемостью, химической стойкостью и ценными диэлектрическими свойствами.

Резина – это смесь различных компонентов. Свойства резиновых изделий определяются их различным соотношением. К составляющим резиновых смесей относятся каучук, вулканизирующие вещества, ускорители вулканизации, активаторы, наполнители, противостарители, смягчители и красители.

В качестве *вулканизирующего вещества* в каучук вводят 2–3 % серы. Так как вулканизация – длительный процесс, то для его ускорения вводят 0,5–1,5 % *ускорителей вулканизации* (оксид магния, оксид цинка и др.). В качестве *активаторов* ускорителя применяют цинковые белила и магнезию.

Для придания необходимых физико-механических свойств резиновым изделиям в композицию вводят *наполнители*, которые делят на порошкообразные и ткани. К порошкообразным наполнителям относят сажу, каолин, углекислый марганец, мел, тальк, сернистый барий и др. Тканевыми силовыми наполнителями служат корд и рукавные ткани.

В состав резиновых смесей вводят *противостарители*: ва­зелин, воск, парафин, ароматические амины и др. Для облег­чения совмещения каучука с порошкообразным наполните­лем и придания необходимой мягкости добавляют *смягчите­ли*: стеариновую и олеиновую кислоты, канифоль, парафин, сосновую смолу. *Красители* — охра, ультрамарин и другое — вводят в количестве до 10 % массы каучука.

При изготовлении резины и изделий из нее вначале по­лучают сырую резину, представляющую собой смесь каучука с наполнителями и вулканизирующими веществами. Затем сырую резину вулканизируют, нагревая до 145–150 °С.

Свойства вулканизированных резин определяются харак­теристикой каучуков.

*Резины из СКБ* (синтетического бутадиенового каучука) имеют удовлетворительную механическую прочность и мо­розостойкость, ограниченную теплостойкость, сравнительно малую эластичность, легкую окисляемость, ограниченную химическую стойкость и газонепроницаемость. Резина дан­ного вида применяется для изготовления почти всех видов резиновых деталей, особенно для изготовления автомобиль­ных шин.

*Нейритовые резины* обладают высокой прочностью, те­плостойкостью до 110–120 °С, малой набухаемостью в бен­зинах и маслах, достаточной атмосферостойкостью и хими­ческой устойчивостью. Они применяются преимущественно для изготовления маслоупорных и бензоупорных, а также термостойких изделий: спенодежды, обкладки для химиче­ской аппаратуры и валов, транспортных лент, противогазных шлемов, оболочки электрических кабелей, различных клеев и заменителей кожи.

*Полисульфидные резины* имеют невысокую прочность, мо­розостойкость и теплостойкость, повышенную бензо- и мас­лостойкость, высокую газонепроницаемость и применяются для изготовления шлангов, труб, рукавов, прокладок для бен­зина, масла и бензола.

*Изопреновые резины* обладают высокой прочностью при растяжении и при истирании, эластичностью и морозостойко­стью, ограниченной теплостойкостью (80–100 °С), повышен­

ной окисляемостью, набухаемостью в бензинах и маслах, ограниченной химической стойкостью и газонепроницаемостью. Пригодны для изготовления изделий общего назначения.

При содержании в сырой резине более 25 % вулканизирующих веществ после ее вулканизации получается **эбонит** (твердая резина). Эбонит обладает высокой химической стойкостью, хорошими диэлектрическими свойствами, легко обрабатывается, но имеет низкую теплостойкость. Применяют для производства деталей слаботочной аппаратуры, в химическом машиностроении и т. д.

**Клеи.** Предназначены для создания из различных материалов неразъемных соединений требуемой прочности. В общем виде такие соединения состоят из склеиваемых материалов и клеевого слоя между ними. Процесс склеивания основан на сцеплении клея с поверхностью материалов. Способ склеивания упрощает и ускоряет технологический процесс изготовления изделий.

Клеевые соединения во многих случаях являются наиболее рациональными, а в некоторых случаях единственно возможными видами соединений. Возрастающее значение клеев связано прежде всего с теми преимуществами, которые имеют клеевые соединения по сравнению с заклепочными, болтовыми, сварными и др. Это в первую очередь возможность соединения между собой самых разнородных материалов. Современными клеями склеивают различные пластические массы, силикатные и органические стекла, натуральные и искусственные кожи, каучуки и резины, фарфор, керамику, бетон, изделия из бумаги, различные породы дерева, хлопчатобумажные и шерстяные ткани, изделия из синтетических волокон, а также сталь, серебро, медь, алюминиевые, магниевые, титановые сплавы и другие металлы, неметаллические материалы и их сочетания.

Важным свойством клеевых соединений на основе синтетических клеев является их атмосферостойкость, способность противостоять коррозионным воздействиям и гниению.

К преимуществам клеевых соединений можно также отнести: исключение изготовления отверстий под болты или заклепки, ослабляющие скрепляемые элементы; более равно-

мерное распределение напряжений в соединениях; ровную поверхность клеевых деталей; относительно низкую стоимость производства клеевых деталей в массовом производстве.

В то же время клеи не лишены недостатков. Клеевые соединения обладают низкой прочностью при неравномерном отрыве; большинство клеев имеет относительно низкую теплостойкость (до 350 °С) вследствие органической природы основных компонентов клея.

Синтетические клеи широко применяют для склеивания разнообразных материалов в автомобильной, авиационной, судостроительной, электро- и радиотехнической, химической, деревообрабатывающей, обувной, полиграфической промышленности и других отраслях народного хозяйства. Это дает большой технический и экономический эффект, позволяет совершенствовать изготовление элементов различных конструкций и изделий.

Клеи представляют собой композиции в основном на основе полимеров. Показателем механической прочности клеевых соединений является предел прочности при сдвиге.

При склеивании металлов предел прочности при сдвиге составляет для эпоксидных клеев 10–13 МПа, фенольно-каучуковых – 10–15, полиуретановых – 10–20 и полиимидных – 15–30 МПа.

Широко используются клеи марок:

- ВИАМ Б-3 (склеивание текстолита, фанеры и дерева);
- БФ-2 и БВ-4 (склеивание металлов, сплавов, керамики, стекла, дерева, кожи, текстолита, органического стекла);
- 88-Н (склеивание холодным способом вулканизированной резины с металлом, кожей, деревом, стеклом);
- ПЭД-Б (склеивание винилпласта, поливинилхлорида, металла и дерева);
- К-153 (склеивание металла, стекла, поливинилхлорида);
- ВК-3 и ВК-4 (склеивание стали, алюминия, титана, стеклотекстолита).

Перечень марок клеев постоянно расширяется, улучшаются их свойства.

**Лакокрасочные материалы.** Различают три основных вида лакокрасочных материалов: масляные краски, лаки, эмали.

*Масляные краски* представляют собой суспензии, приготовленные тщательным растиранием минеральных или органических *пигментов* в маслах, которые служат пленкообразователями. Пигменты придают краске соответствующую расцветку. Ими являются оксид цинка, свинцовые белила, охра и т. д.

В качестве масел чаще всего используется олифа.

В состав масляной краски входят *наполнители* (талык, каолин) для повышения прочности и стойкости слоя краски.

Высохшая масляная краска в условиях переменной влажности хорошо защищает металл от коррозии, так как даже проникая на некоторую глубину влаги в процессе высыхания пленки удаляется.

*Лаки* – это растворы естественных или синтетических *смол* в различных растворителях. После нанесения лака на поверхность *растворитель* улетучивается, и на ней образуется прочная пленка. По типу растворителей различают спиртовые и масляные лаки. Первые представляют собой раствор смолы в спирте, вторые – в олифе. Преимущества лаков по сравнению с красками заключаются в образовании блестящей поверхности и в ускорении процесса сушки. Пленки лаков, изготовленных на основе искусственных смол, выдерживают высокие температуры, а также воздействие щелочи и кислоты. Недостатком многих лаков является слабая адгезия к металлам и хрупкость защитной пленки.

*Эмалевые краски* (или *эмали*) – это растворы лаков в органических растворителях с добавкой пигментов. Подобно лакам эмали дают блестящие пленки и могут образовывать теплостойкие и коррозионностойкие покрытия. Эмалевые краски дешевле лаков. В зависимости от связующего вещества различают следующие виды эмалевых красок: масляные (на масляных лаках), глифталевые (на глифталевых лаках) и нитроэмали (на нитроцеллюлозных лаках).

*Нитроэмали* представляют собой быстросохнущие материалы, твердеющие уже через несколько минут после нанесения их на поверхность. Недостаток нитропокрытий – легкая воспламеняемость, невысокие теплостойкость и стойкость к действию ультрафиолетовых лучей.

В последнее время в машиностроении широко применяют лакокрасочные материалы на основе синтетических смол – *синтетические эмали*, которые имеют ряд преимуществ по сравнению с нитрозмалями: отличаются высокими декоративными качествами, эластичностью, твердостью и атмосферостойкостью.

**Прокладочные, уплотнительные и электроизоляционные материалы.** Для придания плотности и герметичности соединениям деталей машин и устранения возможного просачивания жидкости и прорыва газов используют *прокладочные* и *уплотнительные материалы*. Для изоляции находящихся под током деталей машин и электропроводов применяются *электроизоляционные материалы* (органические и неорганические вещества, обладающие огнестойкостью и малой тепло- и электропроводностью).

Наибольшее распространение получили следующие прокладочные и изоляционные материалы.

*Бумага* – листовый материал, изготовленный из растительных волокон и целлюлозы. *Целлюлоза* – растительные волокна, очищенные от смол и других компонентов.

*Картон* – специально обработанная толстая бумага толщиной 0,25–3,00 мм. В зависимости от способа обработки он приобретает масло- и бензостойкость, электро- и термоизоляционность.

*Фибра* – разновидность бумажного материала. Ее изготавливают из бумаги, пропитанной раствором хлорида цинка. Отличается высокой прочностью и хорошо поддается механической обработке, масло- и бензостойка. Недостаток фибры – значительная гигроскопичность (влагопоглощаемость), поэтому при увлажнении она деформируется. Фибра применяется для изготовления шайб, прокладок и втулок.

*Асбест* – естественный волокнистый белый минерал, состоящий из кремнезема и небольших количеств оксида железа и оксида кальция. Для него характерны высокая огнестойкость, а также малая тепло- и электропроводность, выдерживает температуру до 500 °С. Из асбеста делают волокно, нити, шнуры, ткани с примесью хлопка и собственно асбестовые ткани, листовые и прокладочные асбестовые материалы, асбестовую бумагу, картон.

*Паронит* – листовый материал из асбеста, каучука и наполнителей. Применяют для уплотнения водяных и паровых магистралей (при давлении до 5,0 МПа и при температуре до 450 °С), а также для уплотнения трубопроводов и арматуры для нефтепродуктов: бензина, керосина, масла.

*Войлок* – листовый пористый материал, изготовленный из волокон шерсти. Воздушные поры в нем составляют не менее 75 % объема. Он обладает высокими тепло- и звукоизолирующими, а также амортизирующими свойствами. Войлок используют для набивки сальниковых уплотнений и изготовления прокладок.

*Минеральная вата* – продукт переработки металлургических или топливных шлаков. Служит для изоляции поверхностей с низкими и высокими температурами нагрева. Применяются в качестве изоляционного материала также плиты на основе минеральной ваты, проклеенной фенольной смолой или битумной эмульсией.

*Изоляционная прорезиненная лента* представляет собой суровую тонкую хлопчатобумажную ткань (миткаль), пропитанную с одной или двух сторон липкой сырой резиновой смесью.

*Липкая изоляционная лента* – пленочный пластик, покрытый слоем перхлорвинилового клея. Толщина ленты 0,20–0,45 мм, ширина 15–50 мм. Изоляционные ленты выпускают различных цветов.

Для уплотнения соединений деталей и сборочных единиц, работающих в жестких условиях, применяют различные *герметики*. Уплотняющая жидкая прокладка ГИПК-244 предназначена для герметизации неподвижных соединений деталей и сборочных единиц, работающих в водяной, пароводяной, кислотно-щелочной и маслобензиновых средах. Уплотнительная замазка У-20А предназначена для герметизации соединений в воздушной и водяной средах. Герметик Эластосил 137-83 герметизирует неподвижные соединения в водяной, пароводяной, кислотно-щелочной и масляной средах. Анаэробный клей ДН-1 обеспечивает герметизацию соединений с зазорами до 0,15 мм.

**Графит.** Это кристаллическая модификация углерода. Плотность графита 2210–2260 кг/м<sup>3</sup>; прочность при сжатии 16–30 МПа. Графит обладает рядом уникальных свойств: кислотоупорен, не растворяется в органических растворителях, обладает низким коэффициентом трения и высокой электропроводностью, хорошо обрабатывается резанием. На основе графита получают графитоуглеродные материалы, из которых изготавливают скользящие электроконтакты, плавильные тигли, литейные формы, подшипниковые материалы и т. д.

*Углеродистые антифрикционные материалы* предназначены для работы без смазки в качестве подшипниковых опор, уплотнительных устройств и других трущихся деталей в интервале температур от –200 до +2000 °С при скоростях скольжения до 100 м/с и в агрессивных средах. К ним относятся графитопластовые антифрикционные материалы на эпоксидно-кремнийорганическом связующем марок АМС-1, АМС-3, АМС-5; графитофторопластовые материалы на основе фторопласта-4 марок АФГМ, АФГ-80ВС, 7В-2А; антифрикционные графитизированные материалы марок НИГРАН и НИГРАН-В и др.

*Углеродистые материалы с увеличенной механической прочностью* при повышенных температурах: графит для электроэрозионной обработки выпускают в виде брусков марок ЭЭГ и ЭЭПГ; графит марок МГ, ГМЗ, ППГ применяют для изготовления тиглей, оснастки вакуумных печей, нагревателей, защитных чехлов термопар, антикоррозионных и термостойких труб и др.; силицированный графит СГ-М, СГ-Т, СГ-П используют для изготовления электронагревателей, работающих в окислительных газовых средах.

### **Вопросы для самоконтроля**

1. Перечислите основные свойства металла.
2. Назовите металл, который наиболее широко используется в технике.
3. Объясните, почему к изделиям из белого чугуна не применима механическая обработка.
4. Назовите основное отличие стали от чугуна.
5. Расскажите, какие примеси улучшают свойства стали.
6. Объясните, можно ли применять стальное изделие сразу после закалки.

7. Назовите принципы маркировки стали.
8. Расскажите, в каких случаях возникает коррозия.
9. Объясните, для чего сплавы из титана легируют алюминием.
10. Изложите значение и роль наполнителей в полимерных материалах.
11. Объясните, чем отличается: а) лак от эмали; б) клей от герметиков.
12. Расскажите, для чего применяется абразивный инструмент.
13. Назовите вспомогательные материалы, используемые при изготовлении машин и механизмов.

## **2. ГОРЮЧЕ-СМАЗОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ**

---

### **2.1. ТОПЛИВО**

Топливо и смазочные материалы широко используются во всех отраслях народного хозяйства. Лесной комплекс, оснащенный большим количеством тракторов, автомобилей, бензопил и других машин, является одним из основных потребителей нефтепродуктов. Всегда следует помнить, что качество применяемых горюче-смазочных материалов должно соответствовать особенностям машин. Неправильно подобранные топливо и смазочные материалы приводят к перерасходу нефтепродуктов, а главное, снижают долговечность, надежность, эффективность работы машин и механизмов, иногда приводят к аварийным поломкам.

**Бензин.** Продукт переработки нефти, представляющий собой горючее с низкими детонационными характеристиками. Бензины предназначены для применения в поршневых двигателях внутреннего сгорания с принудительным воспламенением (от искры).

Сырьем для получения бензина является нефть. *Нефть* – природная жидкая смесь разнообразных углеводородов с небольшим количеством других органических соединений. Ценное полезное ископаемое, часто залегающее вместе с газообразными углеводородами (попутные газы, природный газ).

Соединения сырой нефти – это сложные вещества, состоящие из пяти элементов – С, Н, S, О и N, причем содержание этих элементов колеблется в пределах 82–87 % углерода, 11–15 % водорода, 0,01–6 % серы, 0–2 % кислорода и 0,01–3 % азота.

*Углеводороды* – основные компоненты нефти и природного газа. Простейший из них метан ( $\text{CH}_4$ ) – основной компонент природного газа. Все углеводороды могут быть подразделены на алифатические (с открытой молекулярной цепью) и циклические, а по степени насыщенности углеродных связей – на парафины и циклопарафины, олефины, ацетилены и ароматические углеводороды. Обычная сырая нефть из скважины – это зеленовато-коричневая, легко воспламеняющаяся маслянистая жидкость с резким запахом.

Химически нефти очень различны и изменяются от парафиновых, которые состоят большей частью из парафиновых углеводородов, до нафтеных или асфальтовых, которые содержат в основном циклопарафиновые углеводороды. Существует много промежуточных или смешанных типов. Парафиновые нефти по сравнению с нафтенными или асфальтовыми обычно содержат больше бензина и меньше серы и являются главным сырьем для получения смазочных масел и парафинов. Нафтенные типы сырых нефтей содержат меньше бензина, но больше серы, мазута и асфальта.

Способов и технологий производства бензина существует достаточно много. Основными являются перегонка, термический крекинг, каталитический крекинг, процесс Гудри, риформинг, полимеризация, алкилирование, изомеризация, гидрокрекинг.

Современные бензины должны удовлетворять ряду требований, обеспечивающих экономичную и надежную работу двигателя, и требованиям эксплуатации:

- иметь хорошую испаряемость, позволяющую получить однородную топливовоздушную смесь оптимального состава при любых температурах;

- иметь групповой углеводородный состав, обеспечивающий устойчивый, бездетонационный процесс сгорания на всех режимах работы двигателя;

- не изменять своего состава и свойств при длительном хранении и не оказывать вредного влияния на детали топливной системы, резервуары, резинотехнические изделия и др.

В последние годы экологические свойства топлива выдвигаются на первый план.

Бензин представляет собой смесь углеводородов, состоящих в основном из предельных (25–61 %), непредельных (13–45 %), нафтеновых (9–71 %), ароматических (4–16 %) углеводородов. В состав бензина также могут входить примеси серо-, азот- и кислородсодержащих соединений.

Бензин – самая легкая фракция из жидких фракций нефти. Эту фракцию получают в числе разных процессов возгонки нефти. Поэтому от фракционного состава бензинов зависят легкость и надежность пуска двигателя, полнота сгорания, длительность прогрева, приемистость двигателя и интенсивность износа деталей двигателя. Фракционный состав бензинов определяется стандартами.

*Легкие фракции* бензина характеризуют пусковые свойства топлива: чем ниже температура выкипания топлива, тем лучше пусковые свойства. Для запуска холодного двигателя необходимо, чтобы 10 % бензина выкипало при температуре не выше 55 °С (зимний сорт) и 70 °С (летний сорт). Зимние сорта бензина имеют более легкий фракционный состав, чем летние. Легкие фракции нужны только на период пуска и прогрева двигателя.

Основная часть топлива называется *рабочей фракцией*. От ее испаряемости зависят образование горючей смеси при разных режимах работы двигателя, продолжительность прогрева (перевода с холостого хода под нагрузку), приемистость (возможность быстрого перевода с одного режима на другой). Содержание рабочей фракции должно совпадать с 50 % отгона. Минимальный интервал температур от начала до конца кипения улучшает качество топлива и снижает его склонность к конденсации, что повышает экономичность и уменьшает износ деталей двигателя. Температуру выкипания 90 % топлива иногда называют *точкой росы*.

Бензины – легковоспламеняющиеся бесцветные или слегка желтые (при отсутствии специальных добавок) жидкости, имеющие плотность 700–780 кг/м<sup>3</sup>. Они имеют высокую летучесть и температуру вспышки в пределах 20–40 °С. Температура кипения бензинов находится в интервале 30–200 °С. Температура застывания – ниже –60 °С. При сгорании бензинов образуются вода и углекислый газ, при концентрациях паров в воздухе 70–120 г/м<sup>3</sup> – взрывчатые смеси.

Основным эксплуатационным свойством бензинов является детонационная стойкость. *Детонация* – процесс очень быстрого (взрывного) сгорания рабочей смеси с образованием в камере сгорания ударных волн. Внешние признаки детонации – характерный металлический стук и вибрация, черный цвет отработавших газов (дым), неровная работа двигателя.

Основные причины возникновения детонации: несоответствие сорта бензина степени сжатия двигателя; раннее зажигание, большое количество нагара в камере сгорания; работа двигателя при полностью открытой дроссельной заслонке и низкой частоте вращения коленчатого вала. Длительная работа двигателя с интенсивной детонацией недопустима, так как это может привести к повреждению двигателя.

Детонационные свойства оцениваются *октановым числом*, которое в свою очередь определяется двумя методами – исследовательским и моторным. Как правило, в обозначении бензина вместе с октановым числом указывается и метод, по которому оно определено (буква И – исследовательский). Чем выше октановое число, тем больше стойкость к детонации, и возможная степень сжатия двигателя, а следовательно, больше мощность и экономичность.

Эталонное топливо представляет собой смесь двух углеводородов парафинового ряда: изооктана ( $C_8H_{18}$ ), его детонационная стойкость принимается за 100, и нормального гептана ( $C_7H_{16}$ ), детонационная стойкость которого принимается за 0.

Октановое число равно процентному содержанию по объему изооктана в искусственно приготовленной смеси с нормальным гептаном, которая по своей детонационной стойкости равноценна испытываемому бензину.

Для автомобильных бензинов характерны следующие свойства:

- однородность смеси;
- плотность топлива при 20 °С должна составлять 690–750 кг/м<sup>3</sup>;
- небольшая вязкость. С ее увеличением затрудняется протекание топлива через жиклеры, что ведет к обеднению смеси. Вязкость в значительной степени зависит от температуры. При изменении температуры от +40 до –40 °С расход бензина через жиклер меняется на 20–30 %;

– испаряемость (способность переходить из жидкого состояния в газообразное). Автомобильные бензины должны обладать такой испаряемостью, чтобы обеспечивались легкий пуск двигателя (особенно зимой), его быстрый прогрев, полное сгорание топлива, а также исключалось образование паровых пробок в топливной системе;

– давление насыщенных паров. Чем выше давление паров при испарении топлива в замкнутом пространстве, тем интенсивнее процесс их конденсации. Стандартом ограничивается верхний предел давления паров летом до 670 ГПа и зимой от 670 до 930 ГПа. Бензины с более высоким давлением склонны к образованию паровых пробок, при их использовании снижается наполнение цилиндров и теряется мощность двигателя, увеличиваются потери от испарения при хранении в баках и на складах;

– низкотемпературные свойства (способность бензина выдерживать низкие температуры);

– сгорание бензина. Под сгоранием понимают быструю реакцию взаимодействия углеводородов топлива с кислородом воздуха с выделением значительного количества тепла. Температура паров при горении достигает 1500–2400 °С.

Все бензины отличаются друг от друга по составу и по свойствам, так как их получают не только как продукт первичной возгонки нефти, но и как продукт попутного газа (газовый бензин) и тяжелых фракций нефти (крекинг-бензин).

В СНГ производят бензины А-72, А-76, А-80, АИ-91, АИ-92, АИ-93, АИ-95 и АИ-98. Выпускают этилированными, малоэтилированными и неэтилированными; летних и зимних сортов. Для первых трех марок цифры указывают октановые числа, определяемые по моторному методу, для последних – по исследовательскому.

В разных регионах мира используются различные марки автомобильного бензина.

В Европе распространены марки «суперплюс» или «супер» (неэтилированный, летний и зимний), «премиум» или «европейский» (неэтилированный, летний и зимний), «немецкий» (этилированный, летний и зимний), «итальянский» (этилированный, летний и зимний), «регулар» (неэтилированный, летний и зимний).

В США применяется автомобильный бензин марок «регуляр», «мидгрейд», «премиум» и «суперпремиум». Все марки бывают как летние, так и зимние. В США применяется только неэтилированный или, вернее, малоэтилированный автомобильный бензин с содержанием свинца менее 0,0026 г/л.

В Азиатско-Тихоокеанском регионе применяется автомобильный бензин марок 91RON, 92RON, 95RON, 97RON. Все они малоэтилированные (летние) с содержанием свинца до 0,01 г/л. Аббревиатура RON составлена из первых букв английских слов *research octane number* (октановое число по исследовательскому методу). При написании марок бензина используются разные значения октановых чисел, поэтому при подборе аналогов необходимо ознакомиться с описанием каждой марки.

В последнее время наблюдается заметная тенденция снижения потребности в низкооктановых бензинах и увеличения потребления высокооктановых. Охарактеризуем кратко высокооктановые бензины, которые используются для заправки бензопил.

А-92 (Regular motor gasoline). Бензин обычного качества. Содержит антидетонационные присадки. Самая распространенная марка бензина в СНГ. Производят этилированный с содержанием свинца не более 0,15 г/л и неэтилированный с содержанием свинца не более 0,013 г/л. Содержание серы – не более 0,05 %. Плотность – не более 0,77 г/см. Октановое число по моторному методу – 83, по исследовательскому – 92. По качеству близок к европейской марке «регуляр» и азиатской 92RON, но содержит на 30 % больше свинца.

АИ-91 (AI-91 regular motor gasoline). Бензин обычного качества. Содержит антидетонационные присадки. Производят неэтилированный (бесцветный) с содержанием свинца не более 0,013 г/л. Содержание серы – не более 0,1 %. Плотность не нормируется. Октановое число по моторному методу – 82,5, по исследовательскому – 91. По качеству близок к европейской марке «регуляр» и азиатской 91RON, но содержит на 30 % больше свинца.

АИ-93 (AI-93 regular motor gasoline). Бензин обычного качества. Производят этилированный (оранжево-красного цве-

та) с содержанием свинца не более 0,37 г/л и неэтилированный (бесцветный) с содержанием свинца не более 0,013 г/л. Содержание серы – не более 0,1 %. Плотность не нормируется. Октановое число по моторному методу – 85, по исследовательскому – 93. Специально для экспорта производился этилированный АИ-93 без добавления красителя, с содержанием свинца не более 0,15 г/л и серы не более 0,001 %.

АИ-95 (AI-95 premium motor gasoline). Бензин улучшенного качества. Содержит антидетонационные присадки. Производят неэтилированный (бесцветный) с содержанием свинца не более 0,013 г/л. Плотность не нормируется. Октановое число по моторному методу – 85, по исследовательскому – 95. По качеству близок к европейской марке «премиум» и азиатской 95RON, но содержит на 30 % больше свинца.

АИ-95 «Экстра» (AI-95 extra premium motor gasoline). Бензин улучшенного качества. Содержит антидетонационные присадки. Производят неэтилированный (бесцветный), свинец в нем отсутствует. Плотность – не более 0,720 г/см<sup>3</sup>, содержание серы – не более 0,05 %, давление насыщенных паров – не менее 53,3 кПа (400 мм рт. ст.). Октановое число по моторному методу – 85, по исследовательскому – 95. По качеству близок к европейской марке «премиум» и азиатской 95RON, но лучше, так как не содержит свинца.

## 2.2. СМАЗОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Смазочные материалы представляют собой вещества различного происхождения и состава, при обыкновенной температуре находящиеся в жидком, твердом и промежуточном между ними состоянии и предназначенные для устранения трения между соприкасающимися поверхностями различных частей машин. Смазочные материалы плотно прилегают к соприкасающимся поверхностям, вследствие чего последние являются как бы отделенными друг от друга тонким слоем смазки. Чем плотнее смазка прилипает к скользящей поверхности, тем лучше она разделяет трущиеся поверхности. Кроме того, уменьшение трения зависит от вязкости смазочного материала: чем меньше внутреннее трение частиц смаз-

ки между собой, тем больше происходит уменьшение общего трения смазочных материалов и частей машин. В результате этих двух зависимостей лучшим смазочным материалом нужно признать такой, который обладает наибольшей липкостью и наименьшей вязкостью. Расход смазочного материала определяется степенью его вязкости: чем она меньше, тем больше смазки выжимают трущиеся поверхности и тем самым увеличивается расход смазочного материала и обратно.

При выборе смазочных материалов руководствуются следующими факторами:

- давлением скользящих поверхностей друг на друга: чем оно сильнее, тем большей липкостью должен обладать смазочный материал;

- быстротой движения трущихся поверхностей: чем она значительнее, тем меньшей вязкостью должны обладать смазочные материалы, чтобы внутреннее трение их было незначительно;

- температурой трущихся поверхностей: чем она выше, тем большей липкостью и вязкостью должны обладать смазочные материалы, так как при отсутствии этих свойств они будут легко выжиматься и стекать со смазанных поверхностей, следствием чего будет более быстрый износ деталей машин и механизмов.

**Моторные масла.** Исходя из требований двигателя внутреннего сгорания и температуры окружающего воздуха моторное масло подбирается по двум основным критериям: уровню эксплуатационных свойств по классификации API или ACEA и вязкости по классификации SAE, которая выбирается в зависимости от температуры окружающего воздуха и степени изношенности двигателя.

*Классификация моторного масла по API.* Первая классификация масел по условиям их применения и уровням эксплуатационных свойств была предложена Американским институтом нефти (API) еще в 1947 году. С тех пор она неоднократно дополнялась, но принцип разделения масел на две категории «S» и «C» сохранился. К категории «S» (Service) относятся масла для четырехтактных бензиновых двигателей, к категории «C» (Commercial) – масла, предназначенные для дизелей

автомобильного транспорта, дорожно-строительной техники и сельскохозяйственных машин.

Уровни эксплуатационных свойств по API в порядке возрастания требований к качеству подразделяются в категории «S» на девять классов (SA, SB, SC, SD, SE, SF, SG, SH, SJ), а в категории «C» – на десять классов (CA, CB, CC, CD, CD-II, CE, CF, CF-2, CF-4, CG-4). Цифры при обозначении классов (CD-II, CF-2, CF-4 и CG-4) дают дополнительную информацию о применимости данного класса масел соответственно в двух- или четырехтактных дизелях. Для обозначения универсальных масел, т. е. таких, которые могут применяться для смазывания бензиновых двигателей и дизелей, принята двойная маркировка, например SF/CC, SG/CD, SJ/CF-4 и т. п.

*Классификация моторного масла по ACEA.* Европейская ассоциация автомобильных представителей (ACEA) ввела с 1996 года новую классификацию моторных масел, которая базируется на европейских методах испытания, а также использует некоторые общепризнанные американские моторные и физико-химические методы испытания по API, SAE и ASTM.

С 1 марта 1999 г. все новые масла должны соответствовать требованиям ACEA-98. Классификация ACEA-98 подразделяет моторные масла на три категории (в зависимости от назначения) – А, В и Е:

– А1, А2, А3 – три уровня качества масел для бензиновых двигателей;

– В1, В2, В3, В4 – четыре уровня качества масел для легких дизельных двигателей легковых автомобилей и фургонов на базе легковых автомобилей;

– Е1, Е2, Е3, Е4 – четыре уровня качества масел для тяжелых дизельных двигателей грузовых автомобилей.

*Классификация моторного масла по SAE.* Одним из основных свойств моторного масла является его вязкость и ее зависимость от температуры в широком диапазоне (от температуры окружающего воздуха в момент холодного пуска зимой до максимальной температуры в двигателе при максимальной нагрузке летом).

Наиболее полное описание соответствия вязкостно-температурных свойств масел требованиям двигателей содержит-

ся в общепринятой на международном уровне классификации SAE3000. Она подразделяет моторные масла на шесть зимних (0W, 5W, 10W, 15W, 20W, 25W) и пять летних (20, 30, 40, 50, 60) классов вязкости. Чем больше число, входящее в обозначение класса, тем выше вязкость масел, относящихся к нему. Всесезонные масла обозначаются двояким номером, первый из которых указывает на минимальные значения динамической вязкости масла при отрицательных температурах и гарантирует пусковые свойства, а второй – определяет характерный для соответствующего класса вязкости летнего масла диапазон кинематической вязкости при 100 °С и динамической вязкости при 150 °С.

Наряду с обычным *минеральным маслом*, продуктом прямой переработки нефти, существует масло *синтетическое*, полученное в результате реакции синтеза при взаимодействии различных молекул веществ животного или растительного происхождения.

Масло, приготовленное на синтетической основе, как правило, на 20–30 % дороже, однако оно обеспечивает более длительный период работы двигателя до очередной замены масла, а при регулярном использовании – долгую жизнь двигателю. «Синтетика» – прекрасный смазочный материал, многие его показатели превосходят аналогичные показатели масел с нефтяной основой: лучшая вязкость, меньшая испаряемость, более широкий диапазон рабочих температур, более высокая сопротивляемость окислению. Синтетическое масло обеспечивает легкий пуск двигателя в сильные морозы и прекрасно защищает изнашивающиеся детали при больших нагрузках, позволяя экономить топливо, да и эксплуатационный расход масла снижается.

Моторные масла *производства стран СНГ* в целом по качеству значительно уступают зарубежным. По действующей классификации все масла, предназначенные для двигателей внутреннего сгорания, называются моторными и в зависимости от рекомендуемых областей применения подразделяются на шесть групп (А, Б, В, Г, Д, Е). Для двигателей автомобилей используются только масла групп Б, В, Г. Внутри каждой группы масла подразделяются на марки. Условное обо-

значение масла состоит из буквы М, числа, указывающего вязкость масла, буквы, определяющей группу масла, а также индексов 1 или 2, обозначающих, что масло предназначено для карбюраторных двигателей или дизелей. Отсутствие индекса свидетельствует о том, что масло можно применять для обоих типов двигателей. Буква И после обозначения группы указывает на то, что в масле содержатся импортные присадки. Например, в марке масла М-8Г1 буква М означает, что это масло моторное, цифра 8 – характеристика вязкости, буква Г с индексом 1 показывает, что масло относится к группе Г и предназначено для смазывания карбюраторных двигателей.

По показателям вязкости масла СНГ подразделяются на 22 класса.

**Масло для бензопил.** Двухтактное моторное масло состоит из базового масла и присадок, как и масло для четырехтактных двигателей. В качестве присадок применяют различные растворители, которые улучшают смешивание масла с топливом, перекачиваемость и распыление масла. В обычных двухтактных маслах доля растворителей примерно 20 %. В некоторых случаях это может отрицательно отражаться на смазывающих свойствах при высоких температурах.

Использование масла в двухтактных двигателях зависит от условий эксплуатации двигателя. Поэтому в разных двухтактных двигателях необходимо использовать масло, предназначенное именно для данного типа двигателя бензоинструмента.

В двигателях, работающих при высоких температурах, а к ним относятся и бензопилы, необходимо использовать масла, содержащие металлические присадки. Их главное свойство – отличное смазывание при высоких температурах, но, к сожалению, по мере улучшения смазывания отрицательной чертой становится большое образование сажи. При низких рабочих температурах в камере сгорания и на свечах образуется нагар. Поэтому не рекомендуется оставлять инструмент, работающий на холостых оборотах, на длительное время.

Масла для двухтактных двигателей окрашиваются в синий, зеленый или красный цвет, чтобы потребитель мог отличить смесь бензина с маслом от чистого бензина. При подборе

масла для двухтактных двигателей необходимо руководствоваться рекомендациями производителей двигателей, которые в большинстве случаев указывают процентное соотношение смеси – масло/бензин.

По классификации API масла для двухтактных двигателей делятся на четыре группы:

– TA (TSC-1) – масла, предназначенные для малых двигателей с рабочим объемом до 50 см<sup>3</sup> с воздушным охлаждением. Такие двигатели применяются на мопедах, мотоциклах и в малых электрогенераторах;

– TB (TSC-2) – масла, предназначенные для скоростных двигателей с рабочим объемом 30–200 см<sup>3</sup> с воздушным охлаждением, работающих при больших нагрузках. Такие двигатели применяются на мотороллерах, мотоциклах, бензопилах;

– TC (TSC-3) – масла, предназначенные для двигателей с высокими требованиями к качеству масла, большим соотношением топливо/масло. Применяются в мотоциклах, снегоходах и др. (кроме моторных лодок). Соответствуют требованиям ASTM D 4859-97;

– TD (TSC-4) – масла, предназначенные для подвесных двигателей моторных лодок с водяным охлаждением. Соответствуют требованиям качества ASTM D 4681-87 и NMMA TC-W.

Существует также классификация Японской организации автомобильных стандартов (JASO). По уровню требований масла делятся на три категории: FA, FB и FC. Требования повышаются слева направо (т. е. от А к С).

Для смазки цепей бензопил применяются специальные масла, имеющие высокие смазывающие свойства, улучшенные антикоррозийные и антиизносные свойства, способствующие снижению загрязнения цепи. В качестве примера можно привести масла марок ELF SUPER BOIS, FORESTELF PRO 100, ELF BOIS.

**Смазки.** В бывшем СССР до 1979 года наименования смазок устанавливались произвольно. В результате одни смазки получили словесное название, другие – номер, третьи – обозначение создавшего их учреждения. В 1979 году был вве-

ден ГОСТ 23258-78, согласно которому наименование смазки должно состоять из одного слова и цифры.

Смазки классифицируют по консистенции, составу и областям применения.

По консистенции смазки разделяют на пластичные, полужидкие и твердые.

*Пластичные и полужидкие смазки* представляют собой коллоидные системы, состоящие из дисперсионной среды, дисперсной фазы, а также из присадок и добавок. Наибольшее применение пластичные смазки получили в подшипниках качения и скольжения, шарнирах, зубчатых, винтовых и цепных передачах, многожильных тросах. Наиболее существенные, влияющие на эффективность применения пластичных смазок следующие факторы:

- особенности узлов трения и условия эксплуатации смазок (температура, нагрузка, скорость перемещения трущихся пар);
- совместимость смазок с конструктивными материалами;
- совместимость смазок друг с другом при их возможном смешивании.

*Твердые смазки* до отверждения являются суспензиями, дисперсионной средой которых служит смола или другое связующее вещество и растворитель, а загустителем – дисульфид молибдена, графит, технический углерод и т. п. После отверждения (испарения растворителя) твердые смазки представляют собой золи, обладающие всеми свойствами твердых тел и характеризующиеся низким коэффициентом сухого трения.

По составу смазки разделяют на четыре группы.

1. *Мыльные смазки*, для получения которых в качестве загустителя применяют соли высших карбоновых кислот (мыла). Мыльные смазки в зависимости от применяемого для их получения жирового сырья называют условно синтетическими (анион мыла – радикал синтетических жирных кислот) или жировыми (анион мыла – радикал природных жирных кислот). Например, синтетические или жировые солидолы.

2. *Неорганические смазки*, для получения которых в качестве загустителя используют термостабильные с хорошо развитой удельной поверхностью высокодисперсные неорганиче-

ские вещества. К ним относят силикагелевые, бентонитовые, графитные, асбестовые и другие смазки.

3. *Органические смазки*, для получения которых используют термостабильные высокодисперсные органические вещества. К ним относят полимерные, пигментные, полимочевинные, сажевые и другие смазки.

4. *Углеводородные смазки*, для получения которых в качестве загустителей используют высокоплавкие углеводороды (петролатум, церезин, парафин, озокерит, различные природные и синтетические воски).

В зависимости от типа дисперсионной среды различают смазки на нефтяных и синтетических маслах.

По области применения смазки разделяют:

– на *антифрикционные* (снижение износа и трения сопряженных деталей);

– *узкоспециализированные* (отраслевые);

– *консервационные* (предотвращение коррозии металлических изделий и механизмов при хранении, транспортировании и эксплуатации);

– *уплотнительные* (герметизация зазоров, облегчение сборки и разборки арматуры, сальниковых устройств, резьбовых, разъемных и подвижных соединений);

– *канатные* (предотвращение износа и коррозии стальных канатов).

При эксплуатации бензопил в основном применяются антифрикционные и консервационные смазки.

К *антифрикционным смазкам общего назначения* относят *салидолы* – наиболее дешевые пластичные смазки. Они водостойкие, хорошо защищают металлы от коррозии, имеют хорошие противоизносные свойства. При температуре выше 60–70 °С используются натриевые и кальциевые смазки. Выпускаются смазки данного типа следующих марок: Салидол С, Салидол Ж, Графитин, Графитин Ж. Область применения: относительно грубые узлы трения механизмов и машин, транспортных средств, сельскохозяйственной техники, ручной инструмент, шарниры, винтовые и цепные передачи, тихоходные шестеренчатые передачи и т. п. Имеют хорошую водостойкость, коллоидную стабильность, защитные свойства,

но узкий диапазон рабочих температур ( $t_p$  от  $-20$  до  $+65$  °С) и низкую механическую стабильность.

*Антифрикционные смазки общего назначения для повышенных температур* выпускаются следующих марок: Смазка 1-13, Константин, Литин-2. Предназначены для смазывания узлов трения качения и скольжения механизмов и машин. Работоспособны при температуре от  $-40$  до  $+120$  °С.

*Многоцелевые антифрикционные смазки* можно применять в различных узлах трения (подшипниках качения и скольжения, шарнирах, зубчатых и цепных передачах и т. п.), рассчитанных на использование пластичных смазок. Во всех случаях они могут служить заменой смазок общего назначения и в большинстве узлов трения – смазок общего назначения для повышенных температур. Эти смазки водостойки и работоспособны в широком интервале скоростей, температур и нагрузок, имеют хорошие защитные свойства. Многоцелевые смазки не предназначены для замены морозостойких, термостойких, приборных и других специализированных смазок. К этой группе относятся следующие смазки: Литол-24, Литол-24РК, Литол-24М, ШРУС-4М, Фиол-1, Фиол-2, Фиол-2М, БНЗ-3. Представляют собой смесь нефтяных масел, литиевых мыл 12-оксистеариновой кислоты и пакета присадок. Смазки имеют хорошие консервационные свойства, хорошо защищают металлические изделия от коррозии. Предназначены для применения в узлах трения колесных, гусеничных транспортных средств и промышленного оборудования, работающих при температуре от  $-40$  до  $+120$  °С. Применение указанных типов смазок позволяет сократить расход пластичных смазок, снизить износ оборудования и увеличить срок службы оборудования.

В некоторых узлах трения температура достигает  $200$ – $350$  °С и выше. Для таких условий выпускаются *термостойкие антифрикционные смазки*, из которых наиболее распространенными являются ЦИАТИМ-221, ВНИИНП-207, ВНИИНП-231, ВНИИНП-246. Этот вид смазок представляет собой синтетическое масло, загущенное комплексным кальциевым мылом с добавлением антиокислительной присадки. Эти смазки предназначены для смазывания подшипников качения электро-

машин, систем управления и приборов с частотой вращения до 10 000 об./мин, узлов трения и сопряженных поверхностей металл—металл и металл—резина, работающих при температуре от  $-60$  до  $+250$  °С.

При более низких температурах и в маломощных механизмах следует закладывать *низкотемпературные антифрикционные смазки* или *многоцелевые антифрикционные смазки*. Эти смазки предназначены для механизмов, работающих при низких температурах (до  $-60$  °С). Выпускают более 10 марок морозостойких смазок, из которых наибольшее распространение получили Лита, Зимол, ЦИАТИМ-201, МС-70, МУС-3А.

При наличии агрессивных сред рекомендуется применять *антифрикционные химически стойкие смазки*: ЦИАТИМ-205, ВНИИНП-279, ВНИИНП-280, ВНИИНП-282, ВНИИНП-294, ВНИИНП-295. Смазки устойчивы к воздействию концентрированных неорганических кислот, щелочей, аминов, гидразинов и т. д. Имеют высокую водостойкость и защитные свойства. Работоспособны на воздухе при температуре от  $-50$  до  $+150$  °С, в агрессивных средах при температуре от  $-50$  до  $+50$  °С.

*Консервационные (защитные) смазки* применяются для защиты от коррозии металлических изделий, предотвращения ржавления изделий из черных и цветных металлов, консервации металлических изделий и механизмов при транспортировании или длительном хранении. Имеют высокие адгезионные и консервационные свойства, водостойкость, удерживаются на наклонных и вертикальных поверхностях. Рабочая температура от  $-50$  до  $+50$  °С. Применяют смазки марок ПВК, ВТВ-1, ПН и др.

**Промышочные материалы.** Если масло в двигателе грязное и имеет явно выраженные частицы парафинов и шламов или если двигатель отработал больше положенного моторесурса до замены масла, рекомендуется промыть двигатель.

Продукцию для промывки двигателя можно разделить на три группы.

1. *Специальное промывочное масло.* Заливается в двигатель после слива отработанного моторного масла. В своем составе содержит повышенное количество активных моющих приса-

док и имеет увеличенное щелочное число. Произведено из базовых минеральных масел. После его заливки мотор должен поработать на холостом ходу 10–15 мин (без нагрузки). После этого масло максимально сливается и двигатель заполняется маслом, которое по классу и вязкости рекомендовано производителем. После использования промывочного масла можно заливать в двигатель любой тип масла, от минерального до синтетического. Производители промывочного масла это предусматривают: его остатки безвредны для двигателя.

2. *Промывочные жидкости.* Используются так же, как и промывочное масло.

3. *Моющие добавки к моторному маслу – «Пятиминутка».* Способ применения «Пятиминутки» (концентрата моющих присадок) очень простой. Она заливается непосредственно перед заменой в старое масло, и двигатель работает 10–20 мин на холостом ходу. Отработанное масло сливается и заменяется на новое.

### **2.3. ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ, ХРАНЕНИЕ И ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ТРУДА ПРИ РАБОТЕ С ГОРЮЧЕ-СМАЗОЧНЫМИ МАТЕРИАЛАМИ**

**Транспортирование горюче-смазочных материалов (ГСМ).** Способы транспортирования ГСМ жестко регулируются государственными нормами и правилами. Четко определяются разрешенные типы емкостей для перевозки нефтепродуктов, методы их залива, способы маркировки и правила безопасности при перевозке.

Основными способами наземного транспортирования нефтепродуктов остаются железнодорожные и автомобильные цистерны, канистры разной вместимости, железные и полимерные бочки. Для каждого вида топлива существуют свои особенности перевозки.

Для транспортирования бензинов обязательным условием является наличие в цистерне устройств нижнего слива и залива, специальных воздушных клапанов, систем контроля давления. Регулируется максимальный уровень залива – не выше 95 % от общей вместимости цистерны. Железнодорожные и автомобильные цистерны для транспортирования бензина должны быть оборудованы внутренним маслобензо-

стойким и паростойким покрытием; необходимо обеспечение электростатической безопасности. Должен проводиться регулярный осмотр цистерн, устанавливающий пригодность тары к дальнейшему использованию.

Транспортирование бензина в малом объеме допускается в специальных металлических и полимерных бочках, канистрах малого литража, обеспечивающих безопасное хранение.

Машинные масла разной степени вязкости (жидкие, густые, мазеподобные) допускается перевозить в полимерных упаковках, специальных железнодорожных и автомобильных цистернах, канистрах, бочках. Тару для перевозки смазочных нефтепродуктов применяют с учетом степени вязкости жидкостей, температуры горения и вспышки, испаряемости.

При наливке смазочных материалов в тару обязательно наличие документа, указывающего на вид залитого ранее нефтепродукта. Обязательна очистка тары перед заливом.

Основными производителями тары для нефтепродуктов выпускается широкий ассортимент железнодорожных и автомобильных цистерн, металлических и полимерных емкостей разной вместимости. Выпускаются канистры объемом 5–50 л, бочки – 48–250 л. Наибольшее распространение получили металлические емкости, но в последнее время все шире применяют тару из современных полимерных материалов. Модернизация материально-технической базы перевозчиков нефтепродуктов, использование современных материалов для производства тары, усовершенствование правил безопасности – обязательное условие успешного транспортирования ГСМ.

**Хранение ГСМ.** Горюче-смазочные материалы относятся к категории относительно неприхотливых продуктов в плане условий хранения. Для них практически не требуется специального складского оборудования и систем регулирования температурного режима. Специфические требования, если они есть, указываются производителем в документации конкретного товара. Специальные места хранения можно организовать для летучих материалов или продуктов с низкой морозостойчивостью.

Обычно обустройство складских помещений, предназначенных для хранения нефтепродуктов, осуществляется с уче-

том вида продукции – помещение склада делится на зоны, в которых создаются оптимальные для складирования определенной категории ГСМ условия. Тем не менее существуют общие рекомендации в отношении хранения всех видов ГСМ, которые позволяют избежать не только порчи продукции, но и несчастных случаев. В первую очередь это касается характеристик складского помещения или площадки.

Оптимальными для хранения ГСМ *в помещении* являются условия, которые позволяют обеспечить:

- удобный доступ к погрузочно-разгрузочным местам склада для транспортных средств и достаточную для их маневрирования площадь;
- необходимое для проведения погрузочно-разгрузочных работ оборудование;
- удобное с точки зрения контроля и инвентаризации расположение стеллажей;
- наличие «чистой» зоны (отсутствие пыли) для отлива ГСМ.

Особое внимание следует обратить на атмосферный режим складского помещения. Обязательное требование для хранения ГСМ – сухость склада. Повышенная влажность может спровоцировать коррозию металлических емкостей для хранения ГСМ и вызвать утечку их содержимого. В отношении температуры складского помещения следует помнить о том, что перегрев некоторых ГСМ может вызвать испарение их компонентов, а значительное превышение средней температуры чревато возгоранием смесей. Если помещение склада предусматривает возможность организации различных тепловых зон, то в более теплом секторе желательно располагать густые масла и смеси с содержанием воды.

Для хранения ГСМ, как правило, применяются специальные резервуары, покрытые изнутри эпоксидной смолой. Эти емкости конструируются с учетом циркуляции воздуха – резервуары оснащаются специальными клапанами, обеспечивающими доступ воздуха, но в то же время препятствующими попаданию влаги. Некоторые виды ГСМ могут храниться и в обычных емкостях из низкоуглеродистой стали.

Специалисты рекомендуют располагать резервуары с ГСМ под небольшим наклоном, исключения составляют емкости для хранения пластичных смазок.

Автомобильные бензины лучше всего хранить в полуподземных и подземных резервуарах.

При хранении ГСМ *на открытых площадках* следует учитывать колебания температуры воздуха, которые могут привести к изменению давления в емкостях, а также вероятность конденсации влаги, что может повлиять на качество ГСМ. Еще один важный момент – попадание дождевой или конденсированной влаги на поверхность тары: в этом случае может пойти коррозия и пострадать маркировка. Следует обратить особое внимание на расположение емкостей. Установка пробками вверх чревата просачиванием дождевой (или конденсированной) влаги внутрь бочки, что может негативно отразиться на ее содержимом. Не менее важен выбор поверхности, на которую должны устанавливаться емкости с ГСМ – это также связано с воздействием влаги на поверхность тары. Недопустима установка резервуаров с ГСМ на землю.

Оптимальные условия хранения ГСМ на открытых площадках могут обеспечить стеллажи и навесы, которые позволят снизить вероятность воздействия влаги на металлическую поверхность емкостей. Возможно применение брезентовых покрытий, но в этом случае должна быть обеспечена циркуляция воздуха. Бочки рекомендуется устанавливать в наклонном положении, при этом пробки емкостей должны быть повернуты так, чтобы их сальники соприкасались с масляной смесью.

Длительное хранение бензина негативно сказывается на его качестве. В процессе длительного хранения образуется большое количество смол из-за окисления углеводородов. В результате на пару единиц снижается октановое число. Образовавшиеся смолы создают в бензине вязкие коричневые вещества, которые, попадая на детали или предметы, откладываются на них. Обычно местом для этого образования являются детали карбюратора, внутренние стенки бака. Это отрицательно влияет на работу двигателя.

В случае, если бензин застоялся и окислился, его можно «освежить». Для этого необходимо в окисленный бензин добавить свежий бензин таких же свойств. Объем свежего бензина должен превышать окисленный в 2–3 раза. В результате

общий объем бензина будет по качеству практически как нормальный бензин.

При выполнении лесозаготовительных работ для бензопил в течение смены требуется не очень большое количество бензина и масел. Для их транспортирования и хранения фирмы Stihl, Husqvarna, Champion, Oregon и другие рекомендуют использовать комбинированные канистры (рис. 2.1).



Рис. 2.1. Комбинированные канистры для топлива и масла

Экологичные системы заправки для комбинированных канистр гарантированно предотвращают проливание топлива при заправке или переполнение бака. Специальная прокладка закрывает бак таким образом, что пары бензина при заправке не выделяются. Канистры можно отделить друг от друга. В некоторых конструкциях между канистрами имеется пространство для напильников и инструментов.

**Техника безопасности при работе с ГСМ.** Инструкции по технике безопасности при работе с ГСМ разрабатываются на предприятиях в соответствии с отраслевыми требованиями и особенностями функционирования предприятия. Ниже приведены обобщенные правила работы с ГСМ.

Легковоспламеняющиеся и взрывоопасные материалы поставляют на производство в таре или упаковке с яркими предупреждающими надписями «Огнеопасно» и «Взрывоопасно». Разгружают такие материалы не ближе 50 м от источников огня в месте, согласованном с представителями службы техники безопасности.

Внутри и снаружи помещений, где хранят ГСМ, делают надписи «Огнеопасно» и «Взрывоопасно».

Помещения для хранения легковоспламеняющихся материалов и прилегающую к ним территорию снабжают средствами тушения огня (песок, лопаты, огнетушители и др.).

Оставлять вне хранилища тару из-под ГСМ категорически запрещается. Склады для хранения горючих материалов оборудуют вентиляцией с вытяжным отверстием не выше 20 см от пола, электропроводку в них надежно изолируют.

К самостоятельному выполнению работ на складе с ГСМ допускаются лица не моложе 18 лет, прошедшие медицинское освидетельствование, обучение, проверку знаний и инструктаж по безопасности труда на рабочем месте.

Для работающих на складе с ГСМ опасными и вредными производственными факторами могут быть:

- повышенная загазованность рабочей зоны парами нефтепродуктов;
- повышенное напряжение в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека;
- загорание и пожар в рабочей зоне;
- падение тары с ГСМ.

Нефтепродукты могут вызвать острые отравления. Высокая концентрация паров бензина может привести к потере сознания человеком и даже к смерти. Бензин оказывает наркотическое действие.

Поражение электрическим током наступает при прикосновении к токоведущим частям, находящимся под напряжением. Электрический ток вызывает общие и местные нарушения в организме: потерю сознания, судороги, остановку сердца и дыхания, ожоги.

Нефтепродукты являются пожаро- и взрывоопасными веществами. Пары нефтепродуктов, смешиваясь с воздухом, образуют при определенной концентрации взрывоопасные смеси.

В случае появления опасностей, грозящих аварией или несчастным случаем, работу следует прекратить, поставить в известность непосредственного руководителя.

Работающие на складе с ГСМ должны уметь оказывать доврачебную помощь при несчастных случаях.

Лица, выполняющие работы на складе с ГСМ, должны знать и соблюдать правила личной гигиены.

Работники должны выполнять только ту работу, которая поручена руководителем, и при условии, что безопасные способы ее выполнения известны.

Ручная укладка бочек с ГСМ на полу допускается не более чем в два яруса. Ширина главного прохода для транспортирования бочек с ГСМ не менее 1,8 м, между штабелями – не менее 1 м.

Укладка тары с ГСМ на каждом ярусе стеллажа производится в один ряд по высоте.

Деревянные конструкции внутри склада с ГСМ должны быть обработаны огнезащитным составом.

Установка на складе с ГСМ бытовых электронагревательных приборов, электрических штепсельных розеток, выключателей, электрических светильников без защитных колпаков запрещена.

Пол на складе с ГСМ должен быть выполнен из негорячего материала.

На складе запрещается:

- отпускать ГСМ наливом;
- хранить ГСМ в неисправной таре, а также хранить на складе промасленную спецодежду и обтирочные материалы;
- применять открытый огонь, искрообразующий инструмент, курить;
- загромождать дверь аварийного выхода.

Помещение склада с ГСМ необходимо содержать в чистоте. Пролитые ГСМ следует немедленно убирать с помощью опилок, песка и других материалов, а загрязненные опилки и песок сразу удалять из склада в специально отведенное место.

По окончании работы необходимо привести в порядок рабочее место, доложить руководителю о завершении работы и всех недостатках, замеченных в процессе выполнения работы.

### ***Вопросы для самоконтроля***

1. Назовите требования, предъявляемые к современным бензинам.
2. Перечислите марки бензина, которые используются в СНГ.
3. Укажите, марки каких бензинов можно использовать для заправки бензопил.
4. Объясните, для чего нужны смазочные материалы.
5. Расскажите, для чего моторное масло окрашивают в синий, зеленый или красный цвет.

6. На какие группы классифицируются масла по API?
7. Укажите, каким требованиям должно соответствовать масло для бензопил.
8. Перечислите группы, на которые подразделяются смазки по составу.
9. Расскажите, для чего применяются антифрикционные смазки.
10. Назовите условия, которые необходимо соблюдать при хранении ГСМ в помещении.
11. Перечислите климатические факторы, которые следует учитывать при хранении ГСМ на открытом воздухе.
12. Укажите, какие опасные и вредные факторы могут воздействовать на работающих на складе ГСМ.

### **3. ОРГАНИЗАЦИЯ И ОБОРУДОВАНИЕ РАБОЧЕГО МЕСТА ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ СЛЕСАРНЫХ РАБОТ**

---

#### **3.1. ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОЧЕГО МЕСТА СЛЕСАРЯ**

Профессия «слесарь» на современном лесозаготовительном или лесохозяйственном предприятии является довольно распространенной. Слесарные работы выполняются при монтаже производственного оборудования, установку которого осуществляют слесари-монтажники и слесари-сборщики. Наладка установленного на месте постоянной работы оборудования связана с работой слесарей-наладчиков. Эксплуатация оборудования, машин и механизмов не обходится без участия слесарей-ремонтников. Изготовление специального инструмента и специфических деталей осуществляют слесари-инструментальщики. Каждая из названных групп слесарей характеризуется особыми для их работы знаниями и профессиональными навыками.

Однако для каждого слесаря базовым является овладение общеслесарными операциями, представляющими собой основу слесарного мастерства. К этим операциям относятся разметка, рубка, правка, гибка, резка, опиливание, сверление, зенкерование и развертывание отверстий, нарезание резьбы, шабрение, притирка и доводка. Эти операции выполняются ручными и механизированными инструментами, которыми должен уметь пользоваться каждый слесарь.

Современный слесарь также должен владеть навыками выполнения несложных работ на металлорежущих станках (токарных, фрезерных, шлифовальных), что позволяет заменить утомительную ручную обработку заготовок механизированной, облегчить труд и повысить качество выполняемых работ.

*Рабочее место слесаря* – часть производственной площади цеха, участка или мастерской, которая закрепляется за определенным работником или работниками (в случае посменной работы) для выполнения определенного вида работ и должна быть оснащена оборудованием, приспособлениями, инструментами и материалами, необходимыми для их проведения.

Основным оборудованием рабочего места слесаря является, как правило, одноместный верстак. Конструкций верстаков множество. Общий вид некоторых из них показан на рисунке 3.1.



Рис. 3.1. Слесарные верстаки

Слесарный верстак должен быть прочным и устойчивым, а его высота соответствовать росту работающего.

Верстак состоит из стального каркаса, на котором установлена столешница, обычно изготовленная из дерева твердых пород и покрытая листовой сталью толщиной 1–2 мм. По периметру столешницу желательно окантовать бортиком, чтобы с нее не скатывались детали. Под столешницей расположены выдвижные ящики для хранения инструментов, мелких деталей и технической документации. Для обеспечения удобства работы на верстаке располагаются планшет для режущих инструментов (чертилки, кернеры, зубила, напильники и т. д.) и инструментальная полка для измерительных инструментов.

**Организация рабочего места.** При размещении инструментов на верстаке необходимо учитывать частоту их использования в процессе работы и располагать инструменты таким образом, чтобы обеспечить удобный доступ к ним (рис. 3.2).

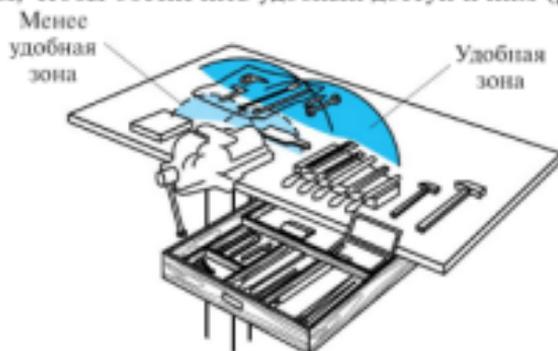


Рис. 3.2. Размещение инструмента на верстаке

К размещению заготовок, инструментов и материалов на рабочем месте предъявляют определенные требования:

- на рабочем месте должны находиться только те инструменты, материалы и заготовки, которые необходимы для выполнения данной работы;
- расположение инструментов и материалов должно соответствовать частоте их использования в процессе работы: то, что используется чаще, должно располагаться ближе (рис. 3.3, а, б). Эти зоны находятся справа и слева от работающего и обозначены дугой *I* в горизонтальной плоскости и дугой *A*

в вертикальной плоскости. Радиус этих дуг приблизительно 350 мм. То, что используется реже, должно располагаться в зонах, обозначенных дугой 2 в горизонтальной плоскости и дугой *B* в вертикальной плоскости. Радиус этих дуг приблизительно 500 мм. То, что используется крайне редко, должно находиться в зонах, обозначенных дугой 3 в горизонтальной плоскости и дугой *B* в вертикальной плоскости. Их досягаемость обеспечивается только при наклонах корпуса работающего;

– для размещения инструментов и приспособлений на рабочем месте слесаря возможна установка стеллажей, удобные и неудобные зоны доступа которых показаны на рисунке 3.3, *в*.

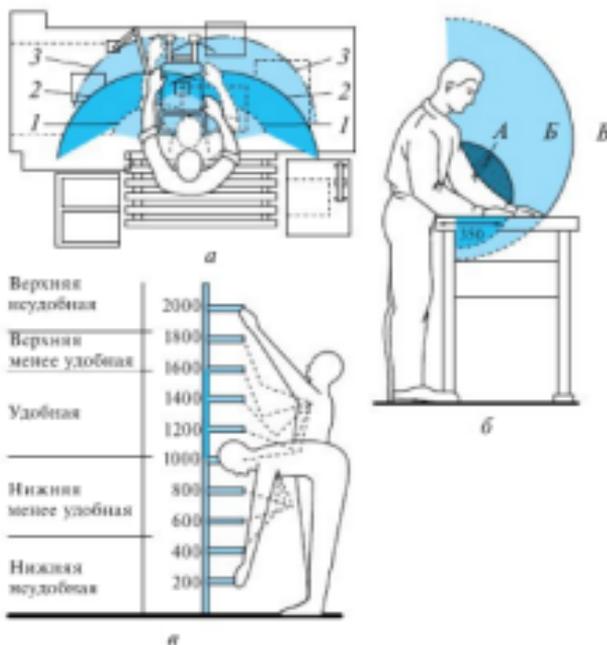


Рис. 3.3. Расположение удобных и неудобных зон на рабочем месте (размеры даны в миллиметрах): *a*, *б* – на верстаке; *в* – по высоте

**Правила содержания рабочего места.** В связи с тем, что рациональная организация рабочего места и правильное раз-

мещение инструментов и материалов в процессе работы играют существенную роль в обеспечении ее качества, необходимо соблюдать следующие правила.

*До начала работы:*

- проверить исправность верстака, тисков, приспособлений, индивидуального освещения и механизмов, используемых в работе;
- ознакомиться с инструкцией или технологической картой, чертежом и техническими требованиями к предстоящей работе;
- отрегулировать высоту тисков по своему росту;
- проверить наличие и состояние инструментов, материалов и заготовок, используемых в работе;
- разместить на верстаке инструменты, заготовки, материалы и приспособления, необходимые для работы.

*Во время работы:*

- иметь на верстаке только те инструменты и приспособления, которые необходимы для выполнения заданной работы (все остальное должно находиться в ящиках верстака);
- возвращать использованный инструмент на исходное место;
- постоянно поддерживать чистоту и порядок на рабочем месте.

*По окончании работы:*

- очистить инструмент от стружки, протереть, уложить в футляры и убрать в ящики верстака;
- очистить от стружки и грязи столешницу верстака и тиски;
- убрать с верстака неиспользованные материалы и заготовки, а также обработанные детали;
- выключить индивидуальное освещение.

### **3.2. СЛЕСАРНЫЙ ИНСТРУМЕНТ**

При выполнении слесарных работ пользуются разнообразными инструментами и приспособлениями.

На верстаке устанавливают тиски. *Слесарные тиски* представляют собой зажимные приспособления для удержания обрабатываемой детали в нужном положении. В зависимости

от характера работы применяют стуловые, параллельные и ручные тиски.

*Стуловые тиски* (рис. 3.4) предназначены для выполнения тяжелых работ, связанных с большими ударными нагрузками (например, рубка, клепка, гибка металла), и имеют весьма ограниченную область применения.

Стуловые тиски закрепляют на верстаке 1 планкой крепления 2, которая обеспечивает плотное прижатие к верстаку стержня 8, изготовленного как единое целое с неподвижной губкой 3 тисков. Закрепление заготовки осуществляется между неподвижной 3 и подвижной 4 губками. Подвижная губка совершает колебательное движение относительно оси, установленной в кронштейне, закрепленном на стержне 8. Сведение губок осуществляется зажимным винтом 5, приводимым в движение рукояткой 6. Разведение губок после окончания обработки и освобождение обработанной детали осуществляется за счет пружины 7 при отпущенном зажимном винте.

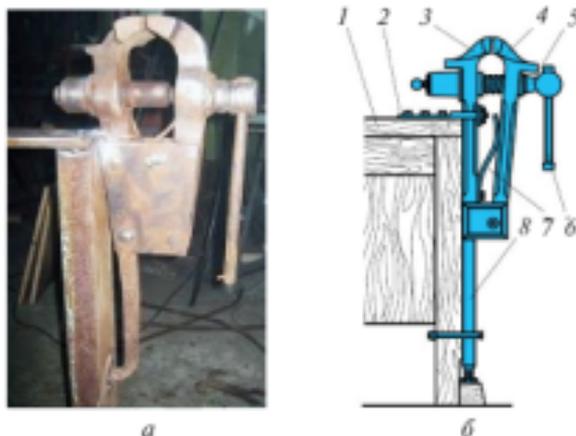


Рис. 3.4. Стуловые тиски: а – общий вид; б – схематическое изображение

*Параллельные поворотные тиски* (рис. 3.5) для слесарных работ применяют наиболее часто. Параллельными их называют потому, что при перемещении подвижная губка 4 во всех положениях остается параллельной неподвижной губке 3. Ти-

ски состоят из плиты основания *1* и поворотной части *2*. Перемещение подвижной губки *4* обеспечивается винтовой парой (ходовой винт *7* и гайка ходового винта *5*), а параллельность этого перемещения – направляющей призмой *6*.

Для поворота верхней части тисков относительно плиты основания *1* необходимо ослабить при помощи рукоятки *11* болты *10*, тогда при повороте верхней части тисков вокруг оси *9* гайка *12* с болтом *10* будут свободно перемещаться в круговом Т-образном пазу *8*. Верхняя часть тисков после установки в нужном положении закрепляется рукояткой *11*.

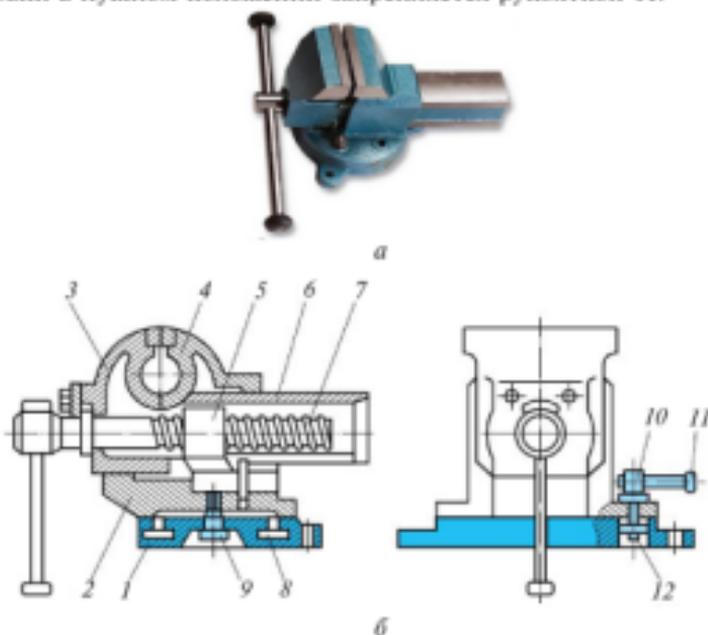


Рис. 3.5. Параллельные поворотные тиски:  
*a* – общий вид; *б* – схематическое изображение

При выполнении слесарных работ находят применение и *неповоротные параллельные тиски* (рис. 3.6). Их устройство аналогично поворотным тискам за исключением возможности поворота вокруг своей оси.

Для зажима мелких деталей используют *ручные тиски*. Они выпускаются различных размеров и конфигураций (рис. 3.7).

Иногда на верстаках устанавливают небольшие точильные (рис. 3.8) и вертикально-сверлильные (рис. 3.9) станки различной конструкции.



Рис. 3.6. Общий вид неповоротных параллельных тисков



Рис. 3.7. Ручные тиски



Рис. 3.8. Общий вид точильного станка



Рис. 3.9. Общий вид вертикально-сверлильного станка

Рабочий инструмент слесаря подразделяется на ручной и механизированный.

Типовой набор *ручного инструмента*:

а) режущие инструменты – зубила, крейцмейсель, набор напильников, ножовка, ножницы по металлу, шаберы, спиральные сверла, зенкеры, цилиндрические и конические развертки, круглые плашки, метчики, абразивные бруски и др. (рис. 3.10);



Рис. 3.10. Режущие инструменты: а – зубило; б – крейцмейсель; в – напильники; г – ножовка; д – шабер; е – спиральные сверла; ж – развертка; з – плашка; и – метчик; к – абразивный брусок; л – ножницы по металлу; м – зенкер

б) вспомогательные инструменты – слесарный и рихтовальный молотки, кернер, чертилка, разметочный циркуль, плашкодержатель, вороток для метчиков и т. п. (рис. 3.11);

в) слесарно-сборочные инструменты – отвертки, гаечные ключи, бородок, плоскогубцы и др. (рис. 3.12).



Рис. 3.11. Вспомогательные инструменты:  
а – слесарный молоток; б – рихтовальный молоток;  
в – кернер; г – чертилка; д – разметочный циркуль;  
е – плашкодержатель; ж – вороток для метчиков



Рис. 3.12. Слесарно-сборочные инструменты: а – отвертки;  
б – гаечные ключи; в – плоскогубцы; г – бородок

Рассмотрим назначение наиболее широко применяемых ручных слесарных инструментов.

*Молотки слесарные* являются самым распространенным ударным инструментом (см. рис. 3.11, а). Они служат для нанесения ударов при рубке, пробивании отверстий, клепке, правке и т. д. В слесарном деле применяются молотки двух типов – с круглыми и квадратными бойками. Молотки с круглым бойком применяют в тех случаях, когда требуется значительная сила или точность удара. Молотки с квадратным бойком выбирают для более простых работ. Молотки изготавливаются из сталей марок 40Х, У7, У8. Их рабочие части (боек и носок) подвергают закалке на длину не менее 15 мм с последующей зачисткой и полировкой.

Масса молотков в зависимости от назначения варьирует в пределах 50, 100, 200 и 300 г – для выполнения инструментальных работ; 400, 500 и 600 г – для слесарных работ; 800 г, 1000 г – для ремонтных работ.

Материалом для ручек молотков служат клен, граб, береза – породы деревьев, древесина которых отличается прочностью и упругостью. В сечении ручка должна быть овальной, а ее свободный конец делают в 1,5 раза толще, чем у отверстия молотка. Длина ручки зависит от массы молотка. Для молотков массой 50–200 г длина ручек берется 200–270 мм, для тяжелых – 350–400 мм. Конец ручки, на который насаживается молоток, расклинивается деревянным клином, смазанным столярным клеем, или же металлическим клином с насечкой.

*Зубило* (см. рис. 3.10, а) применяется для разрубания на части металла различного профиля, удаления припусков с поверхности заготовки, срубания приливов и литников на литых заготовках, головок заклепок при ремонте заклепочных соединений. Зубило служит также для рубки или снятия слоя металла, когда не требуется точность обработки. Им можно производить разрезание, обрезание и вырезание материала.

Зубило состоит из трех частей – рабочей, средней и ударной. Рабочая часть зубила имеет форму клина, углы заточки которого выбираются в зависимости от обрабатываемого материала. Средней части придается овальное или многогранное сечение без острых ребер на боковых гранях, чтобы не поранить руки. Головке (ударной части) зубила придается форма усеченного конуса.

Материалом для изготовления зубил служит углеродистая сталь марок У7А и У8А. Рабочая часть зубила закаливается на длине 15–30 мм, а ударная – на длине 10–20 мм.

*Крейцмейсель* – инструмент, однотипный с зубилом, но с более узкой режущей кромкой (см. рис. 3.10, б). Он применяется для вырубания узких канавок и пазов. Изготавливают крейцмейсели из углеродистой стали марок У7А, У8А и закаливают, как зубило.

*Бородок*, или *пробойник* (см. рис. 3.12, г), применяется для пробивания отверстий в листовых или полосовых металлических или неметаллических материалах толщиной не более 4 мм, установки просверленных под заклепки отверстий одного против другого, выбивания забракованных заклепок, штифтов и др. Слесарные бородки изготавливают из стали марки У7А или У8А. Рабочая часть бородка закаливается на всю длину конуса.

Рабочая часть пробойника может иметь круглую, прямоугольную, квадратную, овальную или другую форму. Пробойник для кожи и жести в рабочей части имеет слепое отверстие, которое соединяется с продольным боковым отверстием, проходящим через стенку нижней части пробойника. Через это отверстие удаляются отходы.

*Напильники* представляют собой режущий инструмент в виде стальных закаленных брусков различного профиля с насечкой на их поверхности параллельных зубьев под определенным углом к оси инструмента (см. рис. 3.10, в). Материалом для изготовления напильников служит углеродистая инструментальная сталь марок У13 и У13А, а также хромистая шарикоподшипниковая сталь ШХ15.

Напильники имеют различные формы поперечного сечения: плоскую, квадратную, трехгранную, круглую и пр. В зависимости от характера выполняемой работы применяют напильники разной длины, с различным числом насечек.

Существуют три типа ручных напильников: обыкновенные, надфили и рапили.

*Обыкновенные напильники* изготавливают из углеродистой инструментальной стали марок У13 и У13А. По числу насечек на 1 см длины они подразделяются на шесть номеров. На-

пильники с насечкой № 0 и № 1 (драчевые) имеют наиболее крупные зубья и служат для грубого (чернового) опилования с погрешностью 0,5–0,2 мм. Напильники с насечкой № 2 и № 3 (личные) служат для чистового опилования деталей с погрешностью 0,15–0,02 мм. Напильники с насечкой № 4 и № 5 (бархатные) применяются для окончательной точной отделки изделий. Погрешность при обработке – 0,01–0,005 мм.

По длине напильники могут изготавливаться от 100 до 400 мм.

*Надфили* – те же напильники, но меньших размеров и с насечкой только на половину или три четверти своей длины. Гладкая часть надфиля служит рукояткой. Для изготовления надфилей используют стали марок У12 и У12А. Они применяются для обработки малых поверхностей и доводки деталей небольших размеров. Надфили изготавливают пяти номеров. Каждому номеру соответствует определенное число насечек на 1 см длины – от 20 до 112.

*Рашили* отличаются от напильников и надфилей конструкцией насечки. Они применяются для грубой обработки мягких металлов – цинка, свинца и других, а также для опилования дерева, кости, рога.

*Спиральные сверла* (см. рис. 3.10, е) служат для формирования отверстий различного диаметра и состоят из рабочей части, хвостовика и шейки. Рабочая часть сверла в свою очередь состоит из цилиндрической (направляющей) и режущей частей.

На направляющей части расположены две винтовые канавки, по которым отводится стружка в процессе резания. Режущая часть сверла образуется двумя режущими кромками, расположенными под определенным углом друг к другу. Этот угол называют углом при вершине. Его величина зависит от свойств обрабатываемого материала. Для стали и чугуна средней твердости он составляет 116–118°.

Хвостовик предназначен для закрепления сверла в сверльном патроне или шпинделе станка и может быть цилиндрической или конической формы. Конический хвостовик имеет на конце лапку, которая служит упором при выталкивании сверла из гнезда.

Шейка сверла, соединяющая рабочую часть с хвостовиком, служит для выхода абразивного круга в процессе шлифования сверла при его изготовлении. На шейке обычно обозначают марку сверла.

Изготавливаются сверла преимущественно из быстрорежущей стали марок P9, P18, P6M5 и др. Все шире применяются металлокерамические твердые сплавы марок BK6, BK8 и T15K6. Пластинками из твердых сплавов обычно оснащают только рабочую (режущую) часть сверла.

В процессе работы режущая кромка сверла притупляется, поэтому сверла периодически затачивают.

*Шаберы* (см. рис. 3.10, *д*) представляют собой стальные полосы или стержни определенной длины с тщательно заточенными рабочими гранями (концами). Служат для точной обработки поверхностей металлических изделий, обработки кромок, нанесения рисунков и надписей в гравировальном и литографском деле. По конструкции шаберы разделяются на цельные и составные; по форме рабочей части – на плоские, трехгранные и фасонные, а по числу режущих граней – на односторонние, имеющие обычно деревянные рукоятки, и двусторонние без рукояток. Кроме цельных шаберов, в последнее время применяют и сменные, состоящие из держалки и вставных пластин. Режущими лезвиями таких шаберов могут служить пластинки инструментальной стали, твердого сплава и отходы быстрорежущей стали. Они изготавливаются из инструментальной углеродистой стали марок У10А и У12А с последующей закалкой.

*Отвертки* (см. рис. 3.12, *а*) применяются для завинчивания и отвинчивания винтов и шурупов, имеющих прорезь (шлиц) на головке. Отвертка состоит из трех частей: рабочей части, стержня и ручки. Выбирают отвертку по ширине рабочей части, которая зависит от размера шлица в головке шурупа или винта.

*Ключи гаечные* являются необходимым инструментом при сборке и разборке болтовых соединений (см. рис. 3.12, *б*). Головки ключей стандартизированы и имеют определенный размер, который указывается на рукоятке ключа. Размеры зева (захвата) делаются с таким расчетом, чтобы зазор между гранями гайки или головки болта и гранями зева был от 0,1 до 0,3 мм.

Ключи гаечные разделяют на простые одноразмерные, универсальные (разводные) и ключи специального назначения.

Простые одноразмерные ключи бывают плоские односторонние и плоские двусторонние; накладные глухие; для круглых гаек; торцовые изогнутые и прямые. Торцовые ключи прямые и изогнутые применяются в тех случаях, когда гайку невозможно закрутить обычным ключом.

Простыми одноразмерными ключами можно закручивать гайки только одного размера и одной формы. Разводные (разводные) ключи могут применяться для отвинчивания или закручивания гаек различных размеров. Они имеют размеры зева от 19 до 50 мм при различных длинах рукояток.

Специальные ключи носят название по роду применения (например, ключ под вентиль, ключ к гайке муфты и т. д.), а также для работы в труднодоступных местах.

*Ножовка ручная* (см. рис. 3.10, *г*) обычно применяется для разрезания металла, а также для прорезания пазов, шлицев в головках винтов, обрезки заготовок по контуру и т. п. Ножовочные станки бывают цельными и раздвижными. Последние имеют то преимущество, что в них можно крепить ножовочные полотна различной длины.

Назначение и устройство некоторых инструментов будет изложено при описании разнообразных слесарных работ.

Для различных специализаций слесарей выпускают комплекты инструментов (рис. 3.13), обеспечивающие удобство их использования, переноски и хранения.

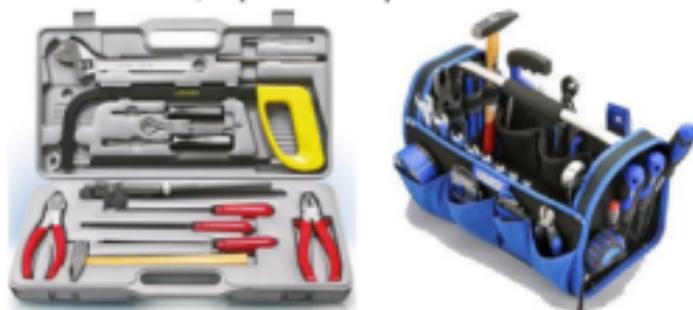


Рис. 3.13. Наборы слесарных инструментов

Использование рассмотренного выше ручного инструмента связано с трудоемкой и малопродуктивной работой. Однако до настоящего времени еще многие слесари применяют только ручной инструмент. В то же время значительная доля слесарных работ может быть механизирована путем использования различных стационарных и переносных машин, а также электрических и пневматических инструментов.

Применение таких инструментов позволяет значительно повысить производительность труда. Так, закручивание болтов и гаек механизированным гайковертом производится в 4–10 раз быстрее, чем вручную обычным гаечным ключом; зачистка поверхностей с помощью переносных шлифовальных машинок осуществляется в 5–20 раз быстрее, а шабрение механизированным шабером в 2–3 раза быстрее, чем ручные операции шабрения.

*Механизированные ручные инструменты* можно разделить по видам операций, для выполнения которых они предназначены, на инструменты для рубки и разрезания металлов, опиливания, шлифования и зачистки деталей, обработки отверстий, нарезания резьбы, шабрения и притирки, для сборки резьбовых соединений и т. п.

В зависимости от типа двигателя различают инструменты электрифицированные, питаемые электрическим током, и пневматические, действующие от сжатого воздуха.

Механизированные ручные инструменты подразделяют также по характеру движения рабочего органа (шпинделя) на инструмент с вращательным и с возвратно-поступательным движением рабочего органа.

Среди механизированных инструментов электрического действия наибольшее применение находят электрогайковерты, электрошпильковерты, электродрели, шлифовальные и полировальные машины, электронапильники, резьбонарезатели.

К инструментам пневматического действия относятся гайковерты, механические отвертки, молотки, сверлильные машинки и др.

В зависимости от конструкции корпуса различают ручной механизированный инструмент с нагрудником, с рукояткой, пистолетного типа и угловой.

Устройство и действие различных видов механизированных инструментов рассматриваются в руководствах по эксплуатации и при описании слесарных операций, в которых они применяются.

### 3.3. ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ И ПРОВЕРОЧНЫЙ ИНСТРУМЕНТ

При обработке заготовок необходимо выдерживать определенные геометрические параметры поверхностей: размеры, форму и относительное расположение. Степень приближения истинного параметра к его теоретическому значению называют *точностью*.

Действительная поверхность детали после обработки может иметь различные *отклонения* от номинальной поверхности, определенной чертежом. К таким отклонениям относятся отклонения действительных (измеренных) размеров детали от номинальных, отклонения во взаимном расположении поверхностей обработанной детали (отклонения от параллельности, перпендикулярности, заданных углов наклона одной поверхности относительно другой), волнистость поверхности и ее шероховатость.

Отклонения могут иметь разные числовые значения. Мерой точности того или иного параметра является *допускаемое отклонение* числового параметра от его номинального значения.

Размер детали, определенный измерительным инструментом, называют *действительным размером*. Деталь считается годной, если ее размер находится в интервале между наибольшим и наименьшим предельными размерами. Разность между наибольшим и наименьшим предельными размерами принято называть *допуском*. Размер допуска определяет точность изготовления детали. В соответствии с Единой системой допусков и посадок различают 19 *квалитетов* (степеней точности) изготовления деталей. Номер *квалитета* возрастает с увеличением допуска на размер. Таким образом, чем выше номер *квалитета*, тем меньшая точность требуется при обработке заготовок.

Точность, которая требуется при слесарной обработке деталей и сборке большинства механических узлов, колеблется в пределах 0,1–0,005 мм.

*Точность измерения* – это та ошибка, которая неизбежна при использовании в качестве измерителя того или иного инструмента. Абсолютно точное измерение получить невозможно.

Погрешность при измерении существует всегда. Слесарь же должен стремиться свести ее к минимуму. Самый простой способ уменьшения погрешности – провести измерение не один раз, а несколько, затем вычислить среднее арифметическое из результатов каждого замера.

Увеличение погрешности чаще всего вызывается ошибками, которых можно избежать. Самые распространенные ошибки, снижающие точность измерений:

- использование поврежденного измерительного инструмента;
- загрязненность рабочих поверхностей измерительного инструмента;
- неправильное положение нулевой отметки на шкале;
- неправильная установка инструмента относительно детали;
- измерение нагретой или охлажденной детали;
- измерение нагретым или охлажденным инструментом;
- неумение пользоваться инструментом;
- неправильно выбранная база измерения.

Линейные размеры металлических деталей и самого инструмента очень ощутимо меняются при нагревании или охлаждении металла, поэтому для измерений выбран следующий температурный стандарт: производить измерения необходимо при температуре 20 °С.

Слесарных измерительных и контрольных инструментов большое количество. С целью повысить точность измерений их конструкция постоянно совершенствуется.

Контрольно-измерительные слесарные инструменты можно разделить на две большие группы: универсальные и специальные.

**Универсальные измерительные и контрольные инструменты.** К универсальным измерительным инструментам для контроля размеров, используемым в слесарном деле, относятся инструменты, представленные на рисунке 3.14.

Для линейных измерений не слишком высокой точности слесари применяют обычно *металлическую измерительную линейку* – стальную полированную полосу с нанесенными на нее отметками (см. рис. 3.14, *а*). Поскольку металлические детали чаще всего невелики, то и длина линейки не должна превышать 200–300 мм (в редких случаях можно использовать линейку длиной до 1000 мм).



Рис. 3.14. Универсальные измерительные и контрольные слесарные инструменты: *а* – измерительная линейка; *б* – универсальный штангенциркуль; *в* – универсальный штангенциркуль с электронным индикатором; *г* – микрометр; *д* – микрометр с электронным индикатором; *е* – измерительная рулетка; *ж* – угломер; *з* – угломер с электронным индикатором; *и* – кронциркуль; *к* – нутромер; *л* – нутромер с электронным индикатором; *м* – угольник слесарный; *н* – угольник слесарный поверочный

Цена деления на измерительной линейке равна 1 мм, соответственно и точность измерения также равна 1 мм. Через каждые 5 мм штрих на линейке имеет несколько больший размер. Через каждый 1 см еще более удлиненный штрих снабжен цифрой, показывающей на количество сантиметров

до начала шкалы. Масштабные линейки изготавливают жесткими или упругими из углеродистой инструментальной стали марки У7 или У8.

По измерительной линейке отсчитывают показания измерительных инструментов, таких как кронциркули, нутромеры и т. п.

Если точности, полученной с применением измерительной линейки недостаточно, пользуются другими, более точными инструментами.

*Штангенциркуль* (см. рис. 3.14, б) является универсальным измерительным инструментом, позволяющим с высокой точностью (до 0,1 мм) определять линейные (внутренние и наружные) размеры деталей и глубины отверстий. Существуют приборы специальной конструкции, с помощью которых можно измерить малые диаметры, расстояния между осями отверстий, толщину стенки трубы и пр.

Существуют четыре основных типа штангенциркулей, отличающихся конструкцией (конфигурацией и взаиморасположением измерительных поверхностей):

- двусторонние штангенциркули типа I;
- односторонние штангенциркули, снабженные глубиномером, измерительная поверхность которых выполнена из твердых сплавов (тип T-I);
- двусторонние штангенциркули типа II;
- односторонние штангенциркули типа III.

Устройство и работу штангенциркуля рассмотрим для типа I.

Штанга 1 с миллиметровыми делениями 3 с одной стороны заканчивается глубиномером 6, а с другой – губками для внутренних 4 и наружных 5 измерений (рис. 3.15). К неподвижным губкам примыкают подвижные губки.

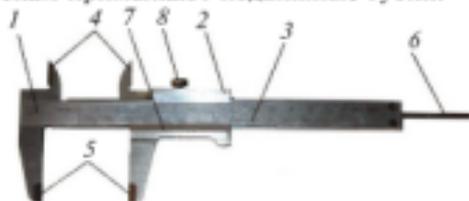


Рис. 3.15. Основные части штангенциркуля

Подвижные губки снабжены вспомогательной шкалой 7, называемой *нониусом*. С помощью нониуса возможно производить измерения с точностью 0,1 мм. Подвижные губки могут свободно перемещаться вдоль штанги с помощью рамки 2. В нужном положении они фиксируются стопорным винтом 8.

Производя измерения, отсчитывают целые миллиметры по основной шкале на штанге напротив нулевого деления нониуса. Отсчет десятых долей миллиметра производится по тому делению нониуса, которое совпадает с делением основной шкалы на штанге. На рисунке 3.16 приведен пример отсчета размеров 0,1, 0,6 и 25,6 мм.

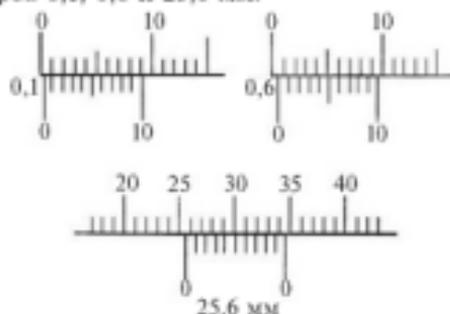


Рис. 3.16. Пользование шкалами штангенциркуля

Штангенциркули могут быть изготовлены с отсчетами различного типа:

- отсчет по нониусу (такие штангенциркули маркируются буквенным сочетанием ШЦ);
- отсчет по круговой шкале (маркировка – ШИК), выполненной в форме поворотного устройства индикации;
- с цифровым отсчетным устройством (ШЦЦ), обеспечивающим высокую степень автоматизации измерений (см. рис. 3.12, *в*).

В перечень основных функций штангенциркулей ШЦЦ входит:

- отображение измерительной информации в цифровом коде с указанием знака;
- запоминание результатов последних измерений (имеется не во всех моделях);

- установка нуля;
- перевод результата в любую систему измерения;
- подключение к персональному компьютеру с помощью кабеля, последующая обработка, протоколирование и сохранение результатов.

*Микрометр* – инструмент, с помощью которого производят измерения с точностью до 0,01 мм (см. рис. 3.14, *з*).

В состав микрометра входят скоба 1 с пяткой 2, микрометрический винт 3 с шагом 0,5 мм и стопор 4 (рис. 3.17). Микрометрический винт состоит из стебля 5, барабана 6 и головки 7.



Рис. 3.17. Устройство микрометра

Продольная шкала, нанесенная на стержень, разделена риской на основную и вспомогательную так, что расстояние между рисками двух шкал составляет 0,5 мм. Окружность барабана разделена на 50 равных делений. Поворот барабана на одно деление дает перемещение микрометрического винта на 0,01 мм.

Трещотка, которой снабжена головка, позволяет передавать на микрометрический винт постоянное усилие. В случае, когда микрометрический винт упирается в пятку, торец барабана должен совместиться с нулевым делением основной продольной шкалы (рис. 3.18, *а*). При этом нулевое деление круговой шкалы на барабане должно совпадать с продольной риской основной шкалы.

При выполнении измерений барабан отходит на определенное расстояние, указывающее размер измеряемой детали. В качестве примера на рисунке 3.18, *б* торец барабана отошел на 16 делений от нуля по основной шкале и еще на деление по вспомогательной шкале. С продольной риской основной шкалы совместились 37-е деление круговой шкалы барабана. Таким образом, размер, отложенный на микрометре, составляет  $16 + 0,5 + 0,37 = 16,87$  мм.

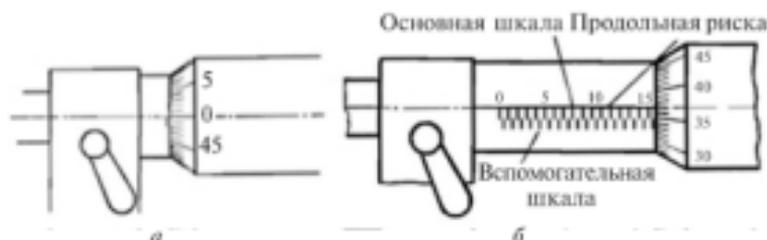


Рис. 3.18. Положение шкал микрометра:  
 а – исходное положение; б – отсчет измерения

Микрометры выпускают ручные и настольные, в том числе со стрелочным и цифровым отсчетным устройством. Для цифровых микрометров (рис. 3.14, д) характерен ряд преимуществ:

- выставление на нуль одним нажатием кнопки;
- доступны относительные измерения (установка нуля в любой точке измерительного диапазона);
- переключение между дюймовой и метрической системами исчисления;
- во многих моделях возможна передача результатов измерений на персональный компьютер по нажатию кнопки или через заданный интервал времени.

*Кронциркуль* – инструмент, которым определяют наружные размеры деталей (см. рис. 3.14, и). Отсчет показаний производят по измерительной линейке с точностью около 0,5 мм. Состоит кронциркуль из двух изогнутых по большому радиусу ножек длиной 150–200 мм, шарнирно соединенных между собой.

*Нутромер* – инструмент, которым определяют внутренние размеры деталей (см. рис. 3.14, к). Отсчет показаний производят по измерительной линейке с точностью около 0,5 мм. Нутромер состоит из двух ножек, соединенных шарниром. Нижние концы ножек выгнуты наружу. Более точные результаты измерений дает электронный нутромер (см. рис. 3.14, л).

Часто приходится изготавливать детали, поверхности которых сопрягаются под различными углами. Для измерения этих углов пользуются угольниками, малками, угломерами и др.

*Угольник слесарный* – инструмент, которым проводят проверку и разметку прямых углов (см. рис. 3.14, м). Угольником также удобно наносить прямые параллельные линии. Им же проверяют перпендикулярность деталей в процессе сборки оборудования. Угольники изготавливают четырех классов точности: 0, 1, 2, 3. Наиболее точные угольники класса 0. Стальные угольники с углом 90° бывают различных размеров, цельные или составные.

Для проверки прямых углов угольник накладывают на проверяемую деталь и определяют правильность обработки проверяемого угла на просвет. При проверке наружного угла угольник накладывают на деталь его внутренней частью, а при проверке внутреннего угла – наружной частью. Наложив угольник одной стороной на обработанную сторону детали, слегка прижимая его, совмещают другую сторону угольника с обрабатываемой стороной детали и по образовавшемуся просвету судят о точности выполнения прямого угла. Иногда размер просвета определяют с помощью щупов (см. рис. 3.20, ж).

Угольник слесарный поперечный с широким основанием (см. рис. 3.14, н) используется в целях контроля взаимно перпендикулярного расположения деталей в процессе монтажа различного оборудования.

*Угломер* – прибор (инструмент), предназначенный для измерения геометрических углов в различных конструкциях, в деталях и между поверхностями (см. рис. 3.14, ж). Измерение производится в градусах, на основе линейчатой шкалы, линейчато-круговой шкалы (с механическим указателем или стрелкой), нониуса или в электронном виде, в зависимости от типа прибора.

Простой угломер состоит из линейки 1 и транспортира 2 (рис. 3.19). При измерениях угломер накладывают на деталь так, чтобы линейка и нижний обрез *m* полки транспортира совпадали со сторонами измеряемой детали 3. Величину угла определяют по указателю 4, перемещающемуся по шкале транспортира вместе с линейкой. Простым угломером можно измерять величину углов с точностью 0,5–1,0°.

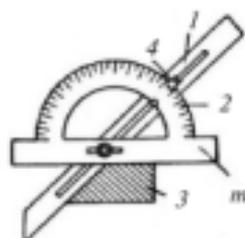


Рис. 3.19. Конструкция простого угломера

Современные производители выпускают широкий спектр электронных угломеров (см. рис. 3.14, з), имеющих разную конструкцию и обладающих различными функциональными возможностями.

Цифровой угломер является незаменимым при выполнении разметки объектов, проектных, строительных и монтажных работ. В отличие от используемых ранее механических угломеров, электронные устройства обладают гораздо более высокой точностью, что не только повышает качество измерения, но и значительно упрощает его выполнение.

Электронный угломер способен обеспечивать измерение углов до  $180^\circ$ . Он также позволяет выполнять простые вычислительные операции, включая сложение и вычитание, что упрощает ведение работ. Важным преимуществом является то, что цифровой угломер может использоваться также для измерения уклонов. В результате значительно расширяется область применения этих устройств.

Если приходится измерять длинномерные детали, то *измерительная рулетка* — один из самых распространенных и необходимых инструментов. Она представляет собой стальную или пластмассовую ленту, на поверхности которой нанесена шкала с ценой деления 1 мм (см. рис. 3.14, е). Ширина ленты обычно не превышает 25 мм. Ленту помещают в металлический или пластиковый корпус. Сейчас выпускают ленту в прорезиненном корпусе, что значительно увеличивает ударпрочность инструмента. Лента втягивается в корпус пружиной (самосвертывающиеся рулетки) или вращением рукоятки (простые рулетки).

Рулетки можно условно разделить на короткие и длинные. *Короткие* рулетки имеют длину от 2 до 10 м, как правило, оснащены сматывающим механизмом. Также у них есть кнопка «Стоп», которая позволяет на определенной длине зафиксировать ленту.

*Длинные* рулетки достигают длины от 10 до 50 м. Снабжены такие рулетки ручным скручивающим механизмом. Их еще часто называют измерительной лентой.

Рулетки применяются для измерения линейных размеров: длины, ширины, высоты деталей и расстояний между их отдельными частями, а также длин дуг, окружностей и кривых.

**Специальные измерительные и контрольные инструменты.** К специальным инструментам для измерения и контроля различных параметров деталей и конструкций относятся инструменты, представленные на рисунке 3.20.

*Линейка проверочная* – инструмент, которым проверяют прямолинейность поверхностей (рис. 3.20, а).

В процессе обработки плоскостей пользуются проверочными *лекальными линейками* (рис. 3.20, б). Они подразделяются на линейки лекальные с двусторонним скосом, трехгранные и четырехгранные.



Рис. 3.20. Специальные измерительные и контрольные слесарные инструменты: а – линейка проверочная; б – линейки проверочные лекальные; в – малка; г – курвиметр; д – уровень; е – резбомер; ж – щуп; з – призма проверочная; и – штангенглубиномер

Лекальные линейки изготовляют с высокой точностью, они имеют тонкие ребра с радиусом закругления  $0,1-0,2$  мм, благодаря чему можно весьма точно определить отклонение от прямолинейности по способу световой щели (на просвет). Для этого линейку своим ребром устанавливают на проверяемую поверхность детали против света. При этом имеющиеся отклонения от прямолинейности будут заметны между линейкой и поверхностью детали. При хорошем освещении можно обнаружить отклонение от прямолинейности до  $0,005-0,002$  мм. Лекальные линейки изготовляют длиной от 25 до 500 мм из углеродистой инструментальной или легированной стали с последующей закалкой.

*Малка* – инструмент, с помощью которого переносят размеры углов с детали на угломерный инструмент или на заготовку (рис. 3.20, в). При производстве слесарных разметочных работ применяют металлическую малку.

Простая малка состоит из обоймы и линейки, закрепленной шарнирно между двумя планками обоймы. Шарнирное крепление обоймы позволяет линейке занимать по отношению к обойме положение под любым углом. Малку устанавливают на требуемый угол по образцу детали или по угловым плиткам (рис. 3.21). Требуемый угол фиксируется винтом с барашковой гайкой.

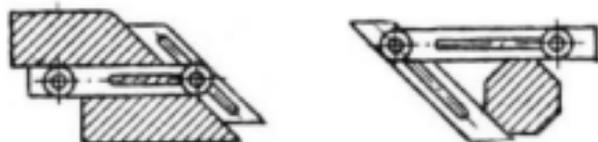


Рис. 3.21. Способы применения малки

*Штангенглубиномеры* предназначены для измерений глубины элементов деталей (см. рис. 3.20, и). Состоит из штанги, имеющей шкалу, и рамки с нониусом (ШГ) или круговой шкалой с отсчетным устройством (ШГК) или электронным цифровым отсчетным устройством (ШГЦ). Принцип работы аналогичен штангенциркулю.

*Уровень (ватерпас)* – прибор, которым определяют горизонтальность поверхности (см. рис. 3.20, д). Уровень представля-

ет собой брусок, в котором закреплена стеклянная прозрачная трубка, заполненная жидкостью, обычно спиртом, с небольшим пузырьком газа. Трубка с жидкостью имеет дугообразное продольное сечение. Если трубка с жидкостью расположена горизонтально, пузырек газа находится строго посередине трубки. Обычно в уровне расположены две трубки с жидкостью для проверки горизонтальных и вертикальных поверхностей.

*Курвиметр* – прибор, которым измеряют извилистые криволинейные отрезки (см. рис. 3.20, *д*). Производя измерения, зубчатое колесико курвиметра прокатывают по извилистой линии на чертеже или карте. Пройденное расстояние отсчитывают по циферблату. Обычно механический курвиметр снабжен двумя циферблатами, один из которых проградуирован в сантиметрах, а другой – в дюймах. Погрешность в измерении у механического курвиметра составляет 0,5 %.

*Резьбомер* – измерительный инструмент, представляющий собой набор различных резьбовых шаблонов (см. рис. 3.20, *е*). Резьбомер служит для измерения шага метрической резьбы либо для дюймовой резьбы числа витков на 1 дюйм.

*Резьбовой шаблон* – это зубчатая пластина с определенным шагом зубьев. На каждом метрическом шаблоне указан шаг резьбы в миллиметрах, а на каждом дюймовом шаблоне – число витков на 1 дюйм резьбы.

Набор шаблонов помещен в оправу из двух накладок, скрепленных винтами. На метрическом резьбомере стоит клеймо: «М60», а на дюймовом – «Д55».

*Призмы проверочные* (см. рис. 3.20, *з*) и *разметочные* – приспособления, с помощью которых делают проверку и разметку валов и цилиндрических деталей. Призмы изготовляют в комплектах попарно, что позволяет применять их как опоры при контроле и разметке длинных цилиндрических деталей.

Все измерительные приборы отличаются высокой точностью исполнения и требуют тщательного ухода. Обеспечение соответствующих условий использования и хранения является гарантией долговечности их работы и точности. Неправильное обращение ведет к преждевременному износу и порче, невозможности эксплуатации и даже к повреждению измерительных приборов.

При эксплуатации измерительного инструмента и приборов недопустимы механические повреждения, резкие перепады температуры, намагничивание, коррозия.

Необходимые требования при эксплуатации измерительного инструмента и приборов – соблюдение чистоты, квалифицированное обслуживание и прежде всего хорошее знание конструкций и условий эксплуатации измерительных приборов.

### 3.4. СЛЕСАРНЫЕ РАБОТЫ

*Слесарные работы* – это обработка металлов, обычно дополняющая станочную механическую обработку или завершающая изготовление изделий соединением деталей, сборкой машин и механизмов, а также их регулированием. Они выполняются ручным или механизированным слесарным инструментом либо на станках.

Слесарные работы являются неотъемлемой частью технологического процесса предприятия.

*Технологический процесс* – это способ или совокупность способов изменения формы, размеров, физических свойств материалов или полуфабрикатов для получения изделия требуемой конфигурации и качества.

Технологический процесс состоит из отдельных операций.

*Операция* – это часть технологического процесса, выполняемая слесарем на одном рабочем месте с использованием ручного или механизированного инструмента, механизмов, приспособлений при обработке одной детали.

Элементами технологической операции являются установ, технологический переход, вспомогательный переход, рабочий ход, вспомогательный ход, позиция.

*Установ* – часть технологической операции, выполняемая при неизменном закреплении обрабатываемой детали или собираемой сборочной единицы. Например, сверление в детали одного или нескольких отверстий разного диаметра при неизменном закреплении детали.

*Технологический переход* – законченная часть операции, характеризующаяся постоянством применяемого инструмента и поверхностей, образуемых при обработке или соединяемых при сборке. Например, соединение втулки с валом.

*Вспомогательный переход* – часть операции без изменения геометрии обрабатываемой поверхности или положения собираемых деталей, необходимая для выполнения технологического перехода (установка заготовки, смена инструментов и т. д.).

*Рабочий ход* – законченная часть операции, связанная с однократным перемещением инструмента относительно обрабатываемой детали, необходимая для осуществления изменения геометрии детали.

*Вспомогательный ход* не связан с изменением геометрии детали, но необходим для осуществления рабочего хода.

*Позиция* – это фиксированное положение, занимаемое закрепленной обрабатываемой деталью или собираемой сборочной единицей совместно с приспособлением относительно инструмента или неподвижной части оборудования для выполнения определенной части операции.

*Карта технологического процесса* является документом, содержащим описание процесса изготовления, сборки или ремонта изделия (включая контроль и перемещения) по всем операциям одного вида работ, выполняемых в одном цехе, в технологической последовательности с указанием данных о средствах технологического оснащения, материальных и трудовых нормативах. В ней определяются также место работы, вид и размеры материала, основные поверхности обработки детали и ее установка, рабочий инструмент и приспособления, а также продолжительность каждой операции.

Технологический процесс разрабатывается на основе чертежа, который для массового и крупносерийного производства должен быть выполнен очень детально. При единичном производстве часто дается только маршрутный технологический процесс с перечислением операций, необходимых для обработки или сборки.

Слесарные работы различных видов объединяет единая технология выполнения операций, к которым относятся разметка, правка и гибка, рубка, резка, распиловка, опиливание, сверление, зенкование и зенкерование, развертывание отверстий, нарезание резьбы, клепка, шабрение, притирка и доводка, пайка, лужение, склеивание и др.

На предприятиях серийного производства, где изготавливают однородные детали большими партиями, повышается точность механической обработки и соответственно уменьшается объем слесарных работ, но слесарь выполняет ручные работы, которые не могут быть выполнены машиной.

На предприятиях или в мастерских, выпускающих разнородные изделия в небольших количествах (единичное производство), от слесарей требуется универсальность. При необходимости он должен уметь работать на разных станках и выполнять различные слесарные работы. Рассмотрим основные из них.

**Разметка.** *Разметкой* называется операция нанесения линий и точек на заготовку, предназначенную для обработки. Линии и точки обозначают границы обработки.

Существуют два вида разметки: плоская и пространственная. Разметка называется *плоской*, когда линии и точки наносятся на плоскость, *пространственной* – когда разметочные линии и точки наносятся на геометрическое тело любой конфигурации.

Простыми разметочными и измерительными инструментами, используемыми при слесарных работах, являются молоток, чертилка, маркер, кернер обыкновенный, угольник, циркуль, линейка с делениями, штангенциркуль и кронциркуль.

Плоскую или пространственную разметку детали проводят на основании чертежа.

До разметки заготовка должна пройти обязательную подготовку, которая включает в себя следующие операции: очистка детали от грязи и коррозии; обезжиривание детали; осмотр детали с целью обнаружить дефекты (трещины, раковины, искривления); проверка габаритных размеров, а также припусков на обработку; определение разметочной базы; покрытие при необходимости белой краской поверхностей, подлежащих разметке и нанесению на них линий и точек; определение оси симметрии.

*Разметочная база* – это конкретная точка, ось симметрии или плоскость, от которой отмеряются, как правило, все размеры на детали.

Работы по разметке лучше всего выполнять на разметочной плите. Плита представляет собой чугунную отливку, горизонтальная рабочая поверхность и боковые грани которой очень точно обработаны. На рабочей поверхности больших плит делают продольные и поперечные канавки глубиной 2–3 мм и шириной 1–2 мм, которые образуют квадраты со стороной 200 или 250 мм. Это облегчает установку на плите различных приспособлений.

Разметку обычно осуществляют накерниванием – нанесением мелких точек-углублений на поверхности детали. Они определяют осевые линии и центры отверстий, прямые или кривые линии на изделии, необходимые для обработки. Накернивание выполняют в целях обозначения на детали стойких и заметных знаков, определяющих базу, границы обработки или место сверления, с использованием чертилки, кернера и молотка.

Разметка с использованием шаблона применяется при изготовлении значительного количества одинаковых деталей. Шаблон, выполненный из жести толщиной 0,5–2,0 мм, накладывается на плоскую поверхность детали и обводится чертилкой по контуру.

Точность разметки зависит от степени точности разметочной плиты, вспомогательных приспособлений (угольников и разметочных ящиков), мерительных инструментов, инструмента, используемого для перенесения размеров, а также от квалификации разметчика. Точность разметки обычно составляет 0,5–0,08 мм; при использовании эталонных плиток 0,05–0,02 мм.

При разметке следует осторожно обращаться с заостренными инструментами.

Для установки на разметочную плиту тяжелых деталей необходимо пользоваться таями, тельферами или кранами.

**Правка и гибка металлов.** *Правкой* называется операция по устранению дефектов заготовок и деталей в виде вогнутости, выпуклости, волнистости, коробления, искривления и т. д. Ее сущность заключается в сжатии выпуклого слоя металла и расширении вогнутого.

Металл подвергается правке как в холодном, так и в нагретом состоянии. Выбор того или иного способа правки зависит от величины прогиба, размеров и материала заготовки (детали).

Правка может быть ручной (на стальной или чугунной правильной плите) или машинной (на правильных вальцах или прессах).

Правильная плита, так же как и разметочная, должна быть массивной. Ее размеры могут быть от 400×400 мм до 1500×3000 мм. Устанавливается плита на металлические или деревянные подставки, обеспечивающие ее устойчивость и горизонтальность положения.

Для правки закаленных деталей (рихтовки) используют рихтовальные бабки. Они изготавливаются из стали и закаляются. Рабочая поверхность бабки может быть цилиндрической или сферической радиусом 150–200 мм.

Ручную правку выполняют специальными молотками с круглым, радиусным или вставным из мягкого металла бойком. Тонкий листовой металл правят киянкой (деревянным молотком).

При правке металла очень важно правильно выбрать места, по которым следует наносить удары. Силу удара необходимо соизмерять с кривизной металла и уменьшать по мере перехода от наибольшего прогиба к наименьшему.

При большом изгибе полосы на ребро удары наносят носком молотка для односторонней вытяжки (удлинения) мест изгиба.

Полосы со скрученным изгибом правят методом раскручивания. Проверяют правку на глаз, а при высоких требованиях к прямолинейности полосы – лекальной линейкой или на проверочной плите.

Металл круглого сечения можно править на плите или на наковальне. Если пруток имеет несколько изгибов, то правят сначала крайние изгибы, а затем расположенные в середине.

Наиболее сложной является правка листового металла. Лист кладут на плиту выпуклостью вверх. Удары наносят молотком от края листа по направлению к выпуклости. Под действием ударов ровная часть листа будет вытягиваться, а выпуклая выправляться.

При правке закаленного листового металла наносят не- сильные, но частые удары носком молотка по направлению от вогнутости к ее краям. Верхние слои металла растягиваются, и деталь выпрямляется.

Валы и круглые заготовки большого сечения правят с по- мощью ручного винтового или гидравлического пресса.

По приемам работы и характеру рабочего процесса к правке металлов очень близко стоит другая слесарная операция — *гибка металлов*. Гибкой называют операцию придания метал- лу определенной конфигурации без изменения его сечения и обработки металла резанием. Гибку производят холодным или горячим способом вручную либо с использованием при- способлений и машин. Сущность ее заключается в том, что одна часть заготовки перегибается по отношению к другой на какой-либо заданный угол. Напряжения изгиба должны пре- вышать предел упругости, а деформация заготовки должна быть пластической. Только в этом случае заготовка сохранит приданную ей форму после снятия нагрузки.

Ручную гибку производят в тисках с помощью слесарного молотка и различных приспособлений. Последовательность выполнения гибки зависит от размеров контура и материала заготовки.

Гибку тонкого листового металла производят киянкой. При использовании для гибки металлов различных оправок их форма должна соответствовать форме профиля детали с учетом деформации металла.

Выполняя гибку заготовки, важно правильно определить ее размеры. Расчет длины заготовки выполняют по чертежу с учетом радиусов всех изгибов. Для деталей, изгибаемых под прямым углом без закруглений с внутренней стороны, при- пуск заготовки на изгиб должен составлять 0,6–0,8 толщины металла.

При пластической деформации металла в процессе гибки нужно учитывать упругость материала: после снятия нагруз- ки угол загиба несколько увеличивается.

Изготовление деталей с очень малыми радиусами изгиба связано с опасностью разрыва наружного слоя заготовки в месте изгиба. Поэтому детали с малыми радиусами закругле-

ний необходимо изготавливать из пластичных материалов или предварительно подвергать отжигу.

При изготовлении изделий иногда возникает необходимость в получении криволинейных участков труб, изогнутых под различными углами. Гибке могут подвергаться цельнотянутые и сварные трубы, а также трубы из цветных металлов и сплавов. Гибку труб производят с наполнителем (обычно сухой речной песок) или без него. Это зависит от материала трубы, ее диаметра и радиуса изгиба. Наполнитель предохраняет стенки трубы от образования в местах изгиба складок и морщин (гофров).

**Рубка металлов.** Рубкой называется операция, при которой с помощью зубила и слесарного молотка с заготовки удаляют слои металла или разрубает заготовку.

Физической основой рубки является действие клина, форму которого имеет рабочая (режущая) часть зубила. Рубка применяется в тех случаях, когда станочная обработка заготовок трудновыполнима или нерациональна.

Основным рабочим (режущим) инструментом при рубке является зубило, а ударным – молоток. Для рубки металлов применяют молотки массой 400–600 г.

Угол заострения зубила выбирается в зависимости от твердости обрабатываемого материала. Для наиболее распространенных материалов рекомендуются следующие углы заострения: для твердых (твердая сталь, чугун) – 70°; для материалов средней твердости (сталь) – 60°; для мягких (медь, латунь) – 45°; для алюминиевых сплавов – 35°.

С помощью рубки удаляют (срубает) с заготовки неровности металла, снимают твердую корку, окалину, острые кромки детали, вырубает пазы и канавки, разрубает листовый металл на части.

Для вырубания узких пазов и канавок пользуются зубилом с узкой режущей кромкой – крейцмейселем (см. рис. 3.10, б). Такое зубило может применяться и для снятия широких слоев металла: сначала прорубают канавки узким зубилом, а оставшиеся выступы срубает широким зубилом. Для вырубания профильных канавок (полукруглых, двугранных и др.) применяются специальные крейцмейсели-канавочники, отличающиеся только формой режущей кромки.

Разрушаемый материал (жесть, полосовое железо, стальная лента, профиль, пруток) следует положить на стальную плиту или на наковальню так, чтоб он прилегал всей своей поверхностью к поверхности плиты или наковальни. Материал, от которого нужно отрубить заготовку, может быть закреплен в тисках. Если металл имеет длину больше плиты или наковальни, его свешивающийся конец должен опираться на соответствующие подпорки. Острие зубила ставят на расстояние 1–2 мм от размеченной линии. Ударяя молотком по зубилу, разрушают жесть. Передвигая зубило вдоль контура и одновременно ударяя по нему молотком, вырубает деталь по контуру и отделяют ее от листа жести.

Вырубку элемента из толстого листового материала выполняют сначала с одной стороны листа, затем его переворачивают на другую сторону и вырубает окончательно (продвигая зубило по полученному следу от острия зубила). В последующем деталь по контуру обрабатывают ручным напильником.

Рубка металлов – операция очень трудоемкая. Для облегчения труда и повышения его производительности используют механизированные инструменты. Среди них наибольшее распространение имеет пневматический рубильный молоток. Он приводится в действие сжатым воздухом, который подается по шлангу от постоянной пневмосети или передвижного компрессора.

**Резка металлов.** *Разрезкой* называется операция разделения материала (предмета) на две отдельные части с помощью острогубцев (кусачек), ручных ножниц, зубила или специальных механических ножниц.

*Распиловка* – операция разделения материала (предмета) ручной либо механической ножовкой или круглой пилой.

Сущность операции разрезания металла *острогубцами* (кусачками) и ножницами заключается в разделении проволоки, листового или полосового металла на части под давлением двух движущихся навстречу друг другу клиньев (режущих ножей).

Режущие кромки у острогубцев смыкаются одновременно по всей длине. У ножниц же сближение лезвий идет по-

степенно от одного края к другому. Их режущие кромки не смыкаются, а сдвигаются одна относительно другой. И острогубцы, и ножницы представляют собой шарнирное соединение двух рычагов, у которых длинные плечи выполняют роль рукояток, а короткие – режущих ножей.

Острогубцы (кусачки) используют главным образом для разрезания проволоки. Угол заострения режущих кромок острогубцев может быть различным в зависимости от твердости разрезаемого материала. У многих острогубцев он равен 55–60°.

*Ручные ножницы* применяют для разрезания стальных листов толщиной 0,5–1,0 мм и листов из цветных металлов толщиной до 1,5 мм.

В зависимости от устройства режущих ножей ручные ножницы делятся на прямые – с прямыми режущими ножами, предназначенные в основном для разрезания металла по прямой линии или по окружности большого радиуса; кривые – с криволинейными ножами; пальцевые – с узкими режущими ножами для вырезания в листовом металле отверстий и поверхностей с малыми радиусами.

По расположению режущих ножей ручные ножницы делятся на правые и левые. У правых ножниц скос режущей кромки нижнего ножа находится справа, у левых – слева.

*Ступовые ножницы* отличаются от обычных ручных большими размерами и применяются для разрезания листового металла толщиной до 2 мм.

*Рычажные ножницы* применяются для разрезания листовой стали толщиной до 4 мм (цветных металлов – до 6 мм). Верхний шарнирно закрепленный нож приводится в действие от рычага. Нижний нож закреплен неподвижно.

Для механизации тяжелого и трудоемкого процесса разрезания листового металла используют, как уже отмечалось, электрические ножницы.

*Ручная ножовка* применяется для разрезания сравнительно толстых листов металла и круглого или профильного проката. Ножовкой можно также прорезать шлицы, пазы, обрезать и вырезать заготовки по контуру и др.

Ножовочное полотно (режущая часть ножовки) представляет собой тонкую и узкую стальную пластину с зубьями на

одном из ребер. Его изготавливают из инструментальной или быстрорежущей стали. Длина наиболее распространенных ножовочных полотен составляет 250–300 мм. Каждый зуб полотна имеет форму клина (резца).

Для разрезания более твердых материалов угол заострения делают больше, для мягких – меньше. Чтобы ширина разреза, сделанного ножовкой, была немного больше толщины полотна, выполняют разводку зубьев. Это предотвращает заклинивание полотна и облегчает работу.

Более высокая производительность труда достигается при использовании пневматической ножовки.

Разрезание стальных труб сравнительно больших диаметров – операция трудоемкая, поэтому ее выполняют специальными *труборезами* (рис. 3.22).



Рис. 3.22. Труборез

Труборез состоит из скобы, двух неподвижных роликов, подвижного ролика (резца) и рукоятки. Труборез надевают на трубу, закрепленную в тисках или специальном приспособлении, вращением рукоятки придвигают подвижный ролик до соприкосновения с поверхностью трубы. Затем, поворачивая за рукоятку весь труборез вокруг трубы и постепенно поджимая воротком подвижный ролик, разрезают трубу.

**Опиливание металлов.** *Опиливание* – это процесс снятия припуска обыкновенными напильниками, надфилями или рапилями. Оно основано на ручном или механическом снятии с обрабатываемой поверхности тонкого слоя материала. Опиливание относится к основным и наиболее распространенным операциям. Оно даст возможность получить окончательные размеры и необходимую шероховатость поверхности изделия.

Различают следующие виды опиливания поверхностей: плоских и криволинейных, угловых, параллельных, сложных и фасонных.

Выбор напильника зависит от вида материала и вида опиливания, величины снимаемого слоя и обрабатываемой детали.

Форму напильников выбирают в зависимости от конфигурации обрабатываемого места. Плоские напильники используют для опиливания плоских, криволинейных выпуклых и наружных сферических поверхностей; квадратные напильники – для опиливания квадратных и прямоугольных отверстий; трехгранные – для обработки трехгранных поверхностей, заточки пил, а также для опиливания плоских поверхностей, расположенных под острым углом; ножовочные – для опиливания кромок острых углов, а также для выполнения узких канавок; ромбические – для обработки очень сложных контуров изделий; круглые – для выполнения полукруглых и круглых отверстий; овальные – для опиливания овальных отверстий; полукруглые и линзовые – для обработки криволинейных и вогнутых поверхностей.

Улучшение условий и повышение производительности труда при опиливании металла достигается применением механизированных (электрических и пневматических) напильников.

**Сверление, зенкование, зенкерование и развертывание отверстий.** В работе слесаря по изготовлению, ремонту или сборке деталей механизмов и машин часто возникает необходимость получения в этих деталях самых различных отверстий. Для этого производят сверление, зенкование, зенкерование и развертывание отверстий. Сущность данных операций заключается в том, что процесс резания (снятия слоя материала) осуществляется вращательным и поступательным движениями режущего инструмента (сверла, зенкера и т. д.) относительно своей оси. Эти движения создаются с помощью ручных (коловорот, дрель) или механизированных (электрическая дрель) приспособлений, а также станков (сверлильных, токарных и др.).

*Сверление* – один из видов получения и обработки отверстий резанием специальным инструментом – сверлом.

Как и любой другой режущий инструмент, сверло работает по принципу клина. По конструкции и назначению сверла делятся на перовые, спиральные, центровочные и др. В современном производстве применяются преимущественно спиральные сверла и реже специальные виды сверл.

Сверлами производят не только сверление глухих (засверливание) и сквозных отверстий, т. е. получение этих отверстий в сплошном материале, но и рассверливание – увеличение размера (диаметра) уже полученных отверстий.

*Зенкованием* называется обработка верхней части отверстий в целях получения фасок или цилиндрических углублений, например под потайную головку винта или заклепки. Выполняется зенкование зенковками или сверлом большего диаметра.

*Зенкерование* – это обработка отверстий, полученных литьем, штамповкой или сверлением, для придания им цилиндрической формы, повышения точности и качества поверхности. Зенкерование выполняется специальными инструментами – зенкерами (см. рис. 3.10, м). Зенкеры могут быть с режущими кромками на цилиндрической или конической поверхности (цилиндрические и конические зенкеры), а также с режущими кромками, расположенными на торце (торцовые зенкеры). Для обеспечения соосности обрабатываемого отверстия и зенкера на торце последнего иногда делают гладкую цилиндрическую направляющую часть.

Зенкерование может быть процессом окончательной обработки или подготовительным к развертыванию. В последнем случае при зенкеровании оставляют припуск на дальнейшую обработку.

*Развертывание* – это чистовая обработка отверстий. По своей сущности она подобна зенкерованию, но обеспечивает более высокую точность и малую шероховатость обработки поверхности отверстий. Выполняется эта операция слесарными (ручными) или станочными (машинными) развертками.

Рассмотренные операции обработки отверстий выполняются в основном на сверлильных или токарных станках. Однако, если деталь невозможно установить на станок или отверстия расположены в труднодоступных местах, обработка

производится вручную с помощью воротков, ручных или механизированных (электрических и пневматических) дрелей.

Если допускается некоторое повреждение поверхности в зоне отверстия и не требуются чистота и точность выполнения отверстия, то для его образования может применяться пробойник.

**Нарезание резьбы.** Это образование винтовой поверхности на наружной либо внутренней цилиндрической или конической поверхностях детали.

Приемы нарезания резьбы, и особенно применяемый при этом режущий инструмент, во многом зависят от вида и профиля резьбы.

Резьбы бывают однозаходные, образованные одной винтовой линией (ниткой), или многозаходные, образованные двумя и более нитками. По направлению винтовой линии резьбы подразделяют на правые и левые.

*Профилем резьбы* называется сечение ее витка плоскостью, проходящей через ось цилиндра или конуса, на котором выполнена резьба.

Для нарезания резьбы важно знать основные ее элементы: шаг, наружный, средний и внутренний диаметры, форму профиля резьбы.

*Шагом резьбы* называют расстояние между двумя одноименными точками соседних профилей резьбы, измеренное параллельно оси резьбы. Резьба М4 имеет шаг 0,7 мм; М6 – 1 мм; М8 – 1,25 мм; М10 – 1,5 мм; М12 – 1,75 мм; М14 – 2 мм; М16 – 2 мм; М18 – 2,5 мм; М20 – 2,5 мм; М22 – 2,5 мм; М24 – 3 мм; М27 – 3 мм; М30 – 3,5 мм.

*Наружный диаметр* – наибольшее расстояние между крайними наружными точками, измеренное в направлении, перпендикулярном оси резьбы.

*Внутренний диаметр* – наименьшее расстояние между крайними внутренними точками резьбы, измеренное в направлении, перпендикулярном оси.

*Средний диаметр* – расстояние между двумя противоположными параллельными боковыми сторонами профиля резьбы, измеренное в направлении, перпендикулярном оси.

По форме профиля резьбы подразделяют на треугольные, прямоугольные, трапециевидные, упорные (профиль в виде неравнобокой трапеции) и круглые.

В зависимости от системы размеров резьбы делятся на метрические, дюймовые, трубные и др.

В метрической резьбе угол треугольного профиля равен  $60^\circ$ , наружный, средний и внутренний диаметры и шаг резьбы выражаются в миллиметрах. Пример обозначения: M20×1,5 (первое число – наружный диаметр, второе – шаг). Параметры в дюймовой резьбе определяются в дюймах.

Трубная резьба отличается тем, что ее исходным размером является не наружный диаметр резьбы, а диаметр отверстия трубы, на наружной поверхности которой нарезана резьба.

Нарезание винтовой поверхности на болтах, валиках и других наружных поверхностях деталей можно выполнять вручную или машинным способом. К ручным инструментам относятся круглые разрезные и неразрезные плашки (см. рис. 3.10, з), а также четырех- и шестигранные пластинчатые плашки, клуппы для нарезания резьбы на трубах. Для крепления плашек используются плашкодержатели (см. рис. 3.11, е) и клуппы. Круглая плашка используется также для машинного нарезания резьбы.

Нарезание наружной резьбы машинным способом может производиться на токарных станках резьбовыми резцами, гребенками, резьбонарезными головками с радиальными, тангенциальными и круглыми гребенками, вихревыми головками, а также на сверлильных станках резьбонарезными головками, на фрезерных станках резьбонарезными фрезами и на резьбошлифовальных станках однопиточными и многопиточными крутами.

Нарезание резьбы в отверстиях выполняют метчиками (см. рис. 3.10, и) вручную и машинным способом. Различают цилиндрические и конические метчики. Ручные метчики бывают одинарные, двух- и трехкомплектные. Обычно используют комплект, состоящий из трех метчиков: чернового, обозначенного одной черточкой или цифрой 1; среднего, обозначенного двумя черточками или цифрой 2; и чистового, обозначенного тремя черточками или цифрой 3.

Имеются специальные метчики: для плашек (плашечные метчики с длинной режущей частью), для гаек, для труб, для легких сплавов, а также с конической рабочей частью. Метчиками можно нарезать резьбу в сквозных и глухих отверстиях или калибровать маточными метчиками ранее нарезанную резьбу.

На хвостовик ручного метчика, заканчивающийся квадратной головкой, надевается вороток с постоянным или регулируемым квадратным отверстием (см. рис. 3.11, ж).

В ряде случаев применяются комбинированные метчики, которыми можно сверлить и нарезать резьбу.

Машинные метчики применяются для нарезания внутренней резьбы на сверлильных и токарных станках всех типов. Ими можно нарезать резьбу за один или несколько проходов. За один проход нарезают резьбу с шагом до 3 мм, а за два-три прохода — резьбу с более крупным шагом, особо длинную резьбу, а также гладкую резьбу в труднообрабатываемых материалах независимо от шага.

Перед нарезанием резьбы прутки должны быть очищены от ржавчины, на его торцевой поверхности должна быть снята заходная фаска.

**Клепальные работы.** Клепка — это операция получения неразъемного соединения материалов с использованием стержней, называемых заклепками. Заклепка, заканчивающаяся головкой, устанавливается в отверстие соединяемых материалов. Выступающая из отверстия часть заклепки расклепывается в холодном или горячем состоянии, образуя вторую головку.

Заклепочные соединения применяются:

- в конструкциях, работающих под действием вибрационной и ударной нагрузки, при высоких требованиях к надежности соединения, если сварка этих соединений технологически затруднена или невозможна;

- если нагревание мест соединения при сварке недопустимо вследствие возможности коробления, термических изменений в металлах и появляющихся значительных внутренних напряжениях;

- в случаях соединения различных металлов и материалов, для которых сварка неприменима.

Заклепки изготовляют из углеродистой стали, меди, латуни или алюминия (рис. 3.23, *а*). При соединении металлов подбирают заклепку из того же материала, что и соединяемые элементы.



Рис. 3.23. Заклепки: *а* – общий вид заклепок; *б* – строение заклепки

Заклепка состоит из закладной головки и цилиндрического стержня, называемого телом заклепки (рис. 3.23, *б*). Часть заклепки, выступающая с другой стороны соединяемого материала и предназначенная для формирования замыкающей головки, называется ножкой.

Для выполнения заклепочных соединений применяются следующие основные виды заклепок: с полукруглой головкой, с потайной головкой, с полупотайной головкой, трубчатая, взрывная (рис. 3.24). Кроме того, могут применяться заклепки с плоскоконической, плоской, конической головкой, с конической головкой и подголовкой, с овальной головкой, разрезные и др.

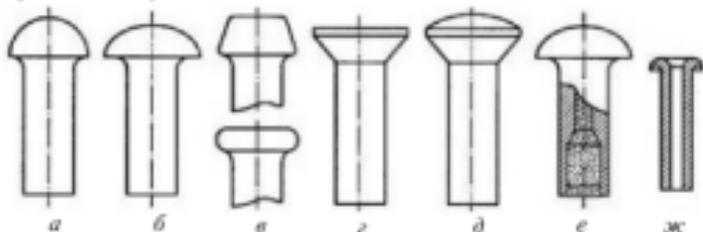


Рис. 3.24. Виды заклепок: *а, б* – с полукруглой головкой; *в* – с цилиндрической головкой; *г* – с потайной головкой; *д* – с полупотайной головкой; *е* – взрывная; *ж* – трубчатая

Стальную заклепку диаметром до 14 мм можно расклепывать в холодном состоянии. Заклепки диаметром более 14 мм клепаются в горячем состоянии. Диаметры заклепок от 10 до 37 мм увеличиваются через 3 мм.

Заклепочные соединения бывают *внахлестку*, *встык с одной накладкой*, *встык с двумя накладками* симметрично или несимметрично (рис. 3.25).

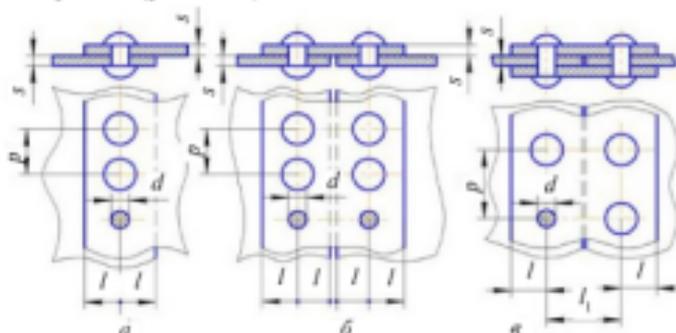


Рис. 3.25. Виды заклепочных соединений: а – *внахлестку*; б – *встык с одной накладкой*; в – *встык с двумя накладками*

С точки зрения прочности и плотности используются следующие виды заклепочных соединений: *прочные*, от которых требуется только механическая прочность; *плотные*, к которым предъявляются только требования плотности и герметичности; *прочноплотные*, от которых помимо механической прочности требуется также герметичность соединения. Последнее достигается увеличением головки и наличием подголовки заклепки, достаточно частым размещением заклепок, подчеканкой обреза соединяемых листов и головок заклепок.

При клепке используются просверленные, проколотые или пробитые отверстия. При прочных, плотных и прочноплотных заклепочных соединениях используются исключительно просверленные отверстия.

Заклепочные швы делятся на продольные, поперечные и наклонные. Они могут быть однорядные, двухрядные и многорядные (параллельные и с шахматным расположением заклепок). Швы могут быть полные и неполные.

В зависимости от диаметра заклепки и вида клепки используется ручная и механическая клепка.

Замыкающую головку получают ударной клепкой и клепкой давлением. Ударная клепка универсальная, но шумная; клепка давлением более качественная и бесшумная.

Для ручной клепки используются молотки для формирования головки заклепки, обжимки, поддержки, прихваты и клещи.

Для механической клепки используются пневматические или электрические молотки, клепальные клещи, подпоры подголовки заклепок, консоли. На больших промышленных предприятиях используются клепальные машины – эксцентриковые и гидравлические.

**Шабрение.** Это процесс получения требуемой по условиям работы точности форм, размеров и относительного положения поверхностей для обеспечения их плотного прилегания или герметичности соединения.

При шабрении срезаются тонкие стружки с неровных поверхностей, предварительно уже обработанных напильником или другим режущим инструментом.

Инструменты для шабрения называются шаберами (см. рис. 3.10, д). Различают ручные и механические шаберы.

При шабрении используются чугунные плиты для проверки поверхностей плоских деталей, плоские и трехгранные линейки для проверки плоскостности поверхности, призмы, плиты в виде прямоугольного параллелепипеда, контрольные валики, шупы и другие инструменты для контроля качества шабрения и притирки. Кроме упомянутых инструментов применяют щетки и обтирочные материалы.

Шабрение применяется, если нужно удалить следы обработки напильником или другим инструментом, а также если требуется получить высокую степень точности и малую шероховатость поверхности деталей машин, соединяемых друг с другом. Шабрение особенно часто применяется при обработке деталей пар трения.

Для выявления неровностей на деталях используется краска – смесь машинного масла с парижской лазурью или ультрамарином, имеющая консистенцию легкой пасты, иногда – смесь машинного масла с сажей.

Краска наносится тонким слоем на плиту или линейку кисточкой либо чистой ветошью, после чего плита или линейка накладывается на предназначенную для шабрения поверхность детали. После нескольких кругообразных движений плиты или возвратно-поступательных движений линейки по детали либо детали на плите деталь осторожно снимают с плиты. Появившиеся окрашенные пятна на детали свидетельствуют о неровностях, выступающих на ее поверхности. Неровности удаляются шабрением.

Шабрение начинают с самых выступающих мест, обозначенных светлым цветом краски. Затем следуют пятна с густой окраской. Светлые пятна не шабрятся.

Степень точности и шероховатости поверхности определяется по числу пятен краски в квадрате со стороной 25 мм (около 16 – хорошее шабрение, 25 – очень точное шабрение).

Преимуществом этого вида обработки является возможность получения простыми инструментами высокой точности (до 2 мкм). К преимуществам также следует отнести возможность получения точных и гладких фигурных поверхностей, обработки закрытых поверхностей. Хорошо шабрятся чугуны и стальные поверхности небольшой твердости.

Недостатками шабрения являются слишком медленный процесс обработки и значительная трудоемкость, что требует от слесаря большой точности, терпения и времени.

**Шлифование.** Шлифованием называется обработка деталей и инструментов с использованием вращающихся абразивных или алмазных шлифовальных кругов, основанная на срезании зернами круга с поверхности очень тонкого слоя материала в виде мельчайших стружек. Цель шлифования – получение поверхностей деталей с незначительной шероховатостью и очень точных размеров.

Наиболее простым и распространенным шлифовальным станком является точильный станок (см. рис. 3.8). Он широко применяется как в небольших мастерских, так и на крупных предприятиях. Точильные станки бывают разных конструкций и мощности: одинарные и двойные, стационарные и настольные.

Шлифовальные станки бывают круглошлифовальные, внутришлифовальные, плоскошлифовальные, бесцентрово-

шлифовальные, заточные и специальные (резьбошлифовальные, зубошлифовальные, шлицшлифовальные и др.).

Для шлифования используют и ручные электрические шлифовальные машинки, реже – пневматические.

В результате неправильного выбора глубины и подачи, небрежности в подводе шлифовального круга к детали (или детали к кругу) может произойти повреждение и даже разрыв шлифовального круга или детали, а также могут появиться прижоги, свидетельствующие о структурных изменениях в поверхности материала. При шлифовании обязательно применение охлаждения.

**Притирка, полирование и отделка поверхности.** *Притирка* – это снятие тончайших слоев металла посредством мелкозернистых абразивных порошков в среде смазки или алмазных паст, нанесенных на поверхность инструмента (притира). В качестве инструмента используются притиры, изготовленные из серого чугуна перлитной структуры или другого мягкого металла. Они делятся на ручные, машинно-ручные, машинные (механические) и монтажные. Притиры имеют вид плиток, притирочных плит, валиков, конусов, кругов, а также могут иметь сложную конфигурацию в соответствии с видом поверхности обрабатываемой детали. Они могут быть монолитные и разжимные. Пример некоторых притиров показан на рисунке 3.26.



Рис. 3.26. Притиры

Притирка – один из самых точных способов обработки поверхности металлических деталей. В результате такой обработки с поверхности детали удаляются все неровности при одновременном достижении очень высокой степени точности

плоскостей (1 мкм). Цель притирки – получение точных посадок соприкасающихся поверхностей деталей машин.

Материалы для притирки делятся на пасты, притирочные порошки и полотно.

*Полирование* применяется для придания поверхности детали блеска. В результате полирования снижается шероховатость поверхности и достигается зеркальный блеск. Основное назначение полирования – декоративная обработка поверхности, а также уменьшение коэффициента трения, повышение коррозионной стойкости и усталостной прочности.

Полирование производится мягкими кругами (войлочными, фетровыми, матерчатыми), на которые наносится смесь абразивного порошка и смазки или полировочная паста.

Операция полирования может выполняться вручную или машинным способом. Мелкие детали полируются во вращающемся барабане с использованием стальных закаленных шариков диаметром 3–8 мм.

Поверхность некоторых деталей или изделий подвергается *отделке*. «Наведение мороза» на поверхность – это один из способов окончательной отделки металлической поверхности, придания ей хорошего внешнего вида путем нанесения на нее мелких рисок по определенному узору. Эти риски выполняются осторожно и аккуратно шабером вручную или механическим способом.

*Матирование* – придание металлической поверхности матового пепельно-серого цвета. Эта операция выполняется механически на мелких кованных, литых, опилованных или отлитых деталях с использованием стальных или медных проволочных щеток, совершающих вращательное движение. Перед матированием металлическую поверхность увлажняют мыльными растворами.

*Оксидирование* – получение на поверхности стальной детали или изделия тонкого слоя оксида голубого или темно-голубого цвета. Самый распространенный способ оксидирования при слесарных работах основан на покрытии хорошо очищенного от ржавчины предмета тонким слоем льняного масла и нагревании его в горне на раскаленном коксе.

*Чернение* стальной детали производится в такой последовательности: полирование поверхности, обезжиривание венской известью, промывка, сушка, покрытие травящим раствором. После покрытия травящим раствором деталь сушат при температуре 100 °С в течение нескольких часов, после чего она подвергается действию пара и горячей воды. Затем деталь очищают в мокром виде проволочной щеткой.

*Окраска* – покрытие поверхности слоем краски или лака с целью предупредить коррозию и придать детали или изделию товарный вид. Окраска выполняется вручную кистью или механически (малярным пистолетом). Краски могут быть водные, масляные, нитрокраски и синтетические эмали.

**Пайка, лужение, металлизация и склеивание.** *Пайка* – процесс создания неразъемного соединения металлов с помощью присадочного связующего материала, называемого припоем. Припой в процессе пайки доводится до жидкого состояния. Температура плавления припоя значительно ниже, чем соединяемых металлов.

Твердость припоя определяется маркой и химическим составом применяемых для припоя металлов. Температура плавления твердых припоев составляет 600–1450 °С. Они делаются на основе меди, латуни, серебра, никеля и алюминия. Кроме того, различают жаропрочные и нержавеющей припой на основе никеля, марганца, серебра, золота, палладия, кобальта и железа.

Мягкими припоями являются оловянно-свинцовые (с добавлением или без добавления сурьмы). Температура плавления этих припоев 183–305 °С.

Мягкие припой применяются для неразъемного соединения и уплотнения металлов при незначительных требованиях к прочности и выносливости соединения на растяжение и удары; твердые припой – для неразъемных и герметичных соединений большой прочности и выносливости на растяжение и удары.

Припой выпускают в виде листа, ленты, прутков, проволоки, сеток, блоков, фольги, зерен, порошков и паяльной пасты.

К химическим очищающим и травящим средствам относятся соляная кислота, хлорид цинка, бура, борная кисло-

та, нашатырь. Поверхность можно очистить механическими средствами, абразивным материалом или напильником либо металлическими щетками. Во время пайки поверхность сохраняется от окисления такими средствами, как стеарин, скипидар и канифоль.

Неразъемное соединение металлов пайкой может быть выполнено паяльником, в газовом пламени, пайкой в печах, в ванне, химическим способом, автогенной пайкой и др.

Для пайки припоем необходимы паяльники, припой, а также средства, очищающие, травящие и предупреждающие окисление поверхности во время пайки.

*Паяльник* — это ручной инструмент различной формы и массы. Часть паяльника, которой непосредственно паяют, выполняется из меди. Медную часть паяльника можно нагревать с помощью электричества (электрический паяльник), над газовым пламенем (газовый паяльник) или в горне.

Для нагрева паяльников и некоторого прогрета соединяемых металлов могут применяться паяльные бензиновые лампы.

*Лужением* называется покрытие поверхности металлических изделий тонким слоем олова или сплавом на основе олова.

*Цинкование* производится способом холодного электролитического или горячего покрытия металлических изделий тонким слоем цинка.

Лужение и цинкование применяются при производстве бытовых изделий, в пищевой промышленности, строительстве, как средство для защиты от коррозии, окисления и образования химических соединений, вредных для здоровья и разрушающих металл.

Для лужения и цинкования в зависимости от детали и ее назначения нужно иметь чистое олово, цинк или их сплавы, паяльную лампу либо газовую горелку, очищающие средства, необходимые для обезжиривания и очистки поверхностей, подогреваемых лужению или цинкованию, ванны для плавки олова или цинка, обтирочный материал и клещи.

*Металлизация пылением* — это нанесение металлического покрытия на поверхность изделия путем разбрызгивания

под давлением расплавленного металла. Эта операция выполняется специальными пистолетами. Металлизация применяется для предохранения изделий от коррозии, для ремонта изношенных деталей машин, исправления дефектных отливок, а также для исправления дефектов, возникающих в результате обработки резанием.

**Склеивание** – неразъемное соединение деталей изделий путем обмазки соединяемых поверхностей изделия веществом (или смесью веществ), называемым клеем, их соединения и выдерживания под некоторой нагрузкой до затвердения клея. В ряде случаев применяется подогрев склеенных деталей.

Склеиваемые поверхности следует тщательно очистить механическим способом, затем обезжирить бензолом или толуолом. После обезжиривания изделие высушивают, не касаясь пальцами поверхностей, предназначенных для склеивания.

**Сборка деталей.** Соединение деталей в сборочные единицы (механизмы, узлы, машины и т. д.) называется *сборкой*. Сборка предусматривает не только соединение деталей, но и подгонку их перед сборкой, регулировку всей сборочной единицы.

Технологический процесс сборки состоит из последовательно выполняемых операций. При этом деталь, с которой начинают сборку, присоединяя к ней последовательно остальные детали, называют базовой.

Слесарно-сборочные работы выполняются с помощью различных монтажных инструментов (гаечных ключей, отверток, молотков) и приспособлений.

Правильность сборки механизмов обычно проверяется взаимодействием их деталей. Для этого приводят в движение вручную ведущую деталь и следят за тем, как это движение воспринимается всеми ведомыми деталями.

### **3.5. ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ТРУДА ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ СЛЕСАРНЫХ РАБОТ**

**Требования безопасности труда.** Задача техники безопасности – предупреждение несчастных случаев, создание таких условий, которые обеспечивали бы полную безопасность труда работающего и его производительность.

Несчастные случаи чаще всего происходят в результате невнимательного отношения к выполнению инструкций по технике безопасности и правил внутреннего распорядка, а также в результате недостаточного усвоения необходимых производственных навыков и отсутствия опыта в обращении с инструментами и оборудованием.

На каждом предприятии существуют отраслевые инструкции по охране труда при выполнении слесарных работ. В данном учебном пособии приводятся обобщенные требования техники безопасности для слесаря-ремонтника.

Слесарные работы выполняют главным образом на *слесарных верстаках*, которые должны отвечать следующим требованиям:

- верстак должен иметь жесткую, прочную конструкцию и быть устойчивым;
- рабочая поверхность должна быть строго горизонтальной и покрыта листовой сталью;
- верстак должен быть оснащен выдвижными ящиками, разделенными на ячейки и располагаемыми под рабочей поверхностью, и полками для хранения инструментов, заготовок, мелких деталей и технической документации;
- на верстаке должен быть установлен защитный экран из органического стекла или металлической сетки с размером ячеек не более 3 мм, обеспечивающий защиту работающего от отлетающих частиц металла при выполнении таких операций, как, например, рубка зубилом. При использовании двухместных верстаков такие экраны необходимо устанавливать и посередине верстака;
- верстаки должны быть оборудованы светильниками местного освещения напряжением не более 220 В, которые можно регулировать по высоте и изменять угол наклона относительно зоны обработки;
- светильники должны быть защищены сетчатым ограждением и отражателями, направляющими световой поток в зону обработки;
- слесарные тиски, устанавливаемые на верстаке, должны обеспечивать надежное закрепление обрабатываемой заготовки. Для этого они снабжаются стальными сменными губ-

ками, которые должны иметь несработанную перекрестную насечку на рабочей поверхности с шагом 2–3 мм и глубиной 0,5–1,0 мм. Зазор между сомкнутыми губками слесарных тисков не должен превышать 0,1 мм. Подвижные части тисков должны перемещаться без заедания, рывков и надежно фиксировать закрепляемую заготовку;

– тиски, установленные на слесарном верстаке, должны иметь устройство, предупреждающее полное вывинчивание ходового винта из гайки.

При выполнении слесарных, сборочных и ремонтных работ применяют ручной и ручной механизированный (электрический и пневматический) инструмент, а также стационарное технологическое оборудование.

*Ручной слесарный инструмент* повседневного применения (молотки, чертилки, кернеры, зубила, крейцмейсели, напильники, шаберы, ножовки, ножницы, гаечные ключи и т. д.) должен быть закреплен за рабочим, который несет персональную ответственность за его техническое состояние.

Ручной слесарный инструмент для обеспечения его безопасного применения при выполнении работ должен отвечать следующим требованиям:

– молотки и кувалды должны иметь гладкую поверхность бойков (на поверхности бойков не допускаются трещины, сколы, выбоины, заусенцы);

– рукоятки молотков и кувалд должны быть изготовлены из хорошо просушенной древесины твердых лиственных пород (березы, дуба, клена, ясеня, граба) и не иметь сучков;

– рукоятки должны иметь по всей длине овальную форму в поперечном сечении, быть гладкими, без трещин;

– рукоятка молотка для предупреждения выскальзывания из рук работающего в процессе нанесения удара должна иметь коническую форму с утолщением к свободному концу;

– рукоятка кувалды к свободному концу должна несколько сужаться, так как ее насадка производится без клиньев от свободного (узкого) конца к широкому;

– ось рукоятки должна быть строго перпендикулярна продольной оси инструмента;

– клинья для крепления бойка на рукоятке молотка должны быть изготовлены из мягких сталей и снабжены насечкой, обеспечивающей удержание клина в материале рукоятки;

– напильники, шаберы и отвертки должны иметь рукоятки, выполненные из дерева или полимерных материалов (использование этих инструментов без рукояток категорически запрещено);

– при установке рукояток на заостренные части инструмента (хвостовики) напильников или шаберов необходимо в обязательном порядке применять металлические бандажные кольца;

– зубила, крейцмейсели, канавочники, бородки не должны иметь трещин, сбитых и скошенных торцов, а их рабочая часть не должна иметь видимых повреждений. Длина этих инструментов должна быть не менее 150 мм. Работу зубилом, крейцмейселем и канавочником необходимо выполнять с использованием защитных очков;

– рукоятки ручных ножниц для разрезания металла должны быть гладкими, без вмятин, зазубрин и заусенцев, а с их внутренней стороны должен быть предусмотрен упор, предотвращающий сдавливание пальцев руки;

– ручные рычажные ножницы должны быть надежно закреплены на верстаке и снабжены прижимами на верхнем подвижном ноже для обеспечения прижатия разрезаемого листа к поверхности стола (нижнего неподвижного ножа) и противовесом, обеспечивающим удержание верхнего ножа в безопасном положении;

– губки гаечных ключей должны быть строго параллельны, а их размер должен соответствовать размерам гаек и головок винтов или болтов (допускается увеличение размера зева ключа относительно размера гаек или головок винтов и болтов не более чем на 5 %).

*Электроинструмент*, применяемый при выполнении слесарных, сборочных и ремонтных работ, должен отвечать следующим требованиям:

– ручной электроинструмент должен подключаться к сети напряжением не более 42 В (в тех случаях, когда подключение инструмента к сети невозможно, допускается его

подключение к сети напряжением до 220 В. При этом необходимо предусмотреть защитное отключение или наружное заземление корпуса);

- при работе электроинструментом, подключенным к сети напряжением 220 В, обязательно использование средств электрозащиты: резиновые коврики, диэлектрические перчатки и т. п.);

- кабели и провода для обеспечения их целостности (защита от излома и истирания) должны подводиться к электроинструменту через эластичную трубку длиной не менее пяти диаметров кабеля, которая устанавливается в корпус электроинструмента;

- рабочие органы электроинструментов, за исключением электрических дрелей (сверлильных машин), должны иметь защитные кожухи;

- в случае обнаружения неисправностей электроинструмента работа с ним должна быть немедленно прекращена;

- разборка и ремонт электроинструмента, штепсельных разъемов и проводов разрешается только персоналу, осуществляющему обслуживание электроинструмента (самостоятельный ремонт категорически запрещен).

*Ручной пневматический инструмент*, применяемый при выполнении слесарных работ, должен отвечать следующим требованиям:

- рабочая часть инструмента не должна иметь поврежденных (трещин, выбоин, заусенцев) и должна быть правильно заточена;

- боковые грани инструмента не должны иметь острых ребер;

- хвостовая часть инструмента, устанавливаемого в присоединительное устройство, должна плотно прилегать к стенкам устройства и обеспечивать надежное центрирование инструмента;

- на хвостовой части инструмента не должно быть повреждений;

- сверлильные машинки, виброзубила, гайковерты и другие пневматические инструменты должны быть снабжены виброгасящими устройствами;

- инструмент должен быть оборудован глушителями выхлопов воздуха и не должен допускать попадания отработанного сжатого воздуха на работника, загрязняя зону его дыхания;
- ударные инструменты должны быть оборудованы устройствами, не допускающими вылета рабочего инструмента.

При работе с пневматическим инструментом следует соблюдать следующие меры безопасности:

- перед присоединением воздушного шланга к инструменту его необходимо продуть, направляя струю воздуха в зону, в которой не наблюдается присутствие людей;
- шланг к инструменту следует присоединять при помощи штуцера, ниппеля или стяжных хомутов;
- крепление шланга к инструменту или к соединительной трубке проволокой категорически запрещено;
- шланг пневматического инструмента к централизованной сети разводки сжатого воздуха присоединяют, используя вентиль, обеспечивающий перекрытие подачи сжатого воздуха (подсоединение шланга непосредственно к магистрали централизованной подачи сжатого воздуха категорически запрещено);
- отсоединяя шланг от пневматического инструмента, необходимо сначала перекрыть вентиль, соединяющий шланг с централизованной магистралью подачи сжатого воздуха;
- следует проверить работу пневматического инструмента на холостом ходу до установки рабочего инструмента, включив его на непродолжительное время;
- начинать работу пневматическим инструментом можно только после того, как рабочий инструмент (сверло, зубило) плотно прижат к обрабатываемой поверхности;
- ремонт пневматического инструмента на рабочем месте не допускается;
- при выполнении работ с применением пневматического инструмента не допускается натягивание и перегибание воздухоподводящих шлангов.

При выполнении сборочных и ремонтных работ достаточно часто приходится производить пайку соединяемых деталей. В таких случаях используется низкотемпературная (мягкими припоями) и высокотемпературная (твердыми припоями) пайка.

*Пайка твердыми припоями*, при которой основным источником теплоты является паяльная лампа, требует выполнения определенных правил, обеспечивающих безопасность работ:

– работники, осуществляющие пайку твердыми припоями, должны пройти специальный курс обучения, сдать квалификационный экзамен и получить соответствующее удостоверение;

– паяльные лампы необходимо не реже 2 раз в год подвергать контрольным гидравлическим испытаниям при двойном рабочем давлении, которые оформляют специальным актом;

– при пайке твердыми припоями запрещается применять бензиновые паяльные лампы;

– при работе с керосиновыми паяльными лампами категорически запрещается:

- разжигать лампы подачей горючего через горелку;
- приближаться с горящей паяльной лампой к легковоспламеняющимся объектам;
- заправлять паяльную лампу горючим веществом в процессе ее работы;
- выполнять разборку паяльной лампы вблизи открытого огня;
- заправлять керосиновую паяльную лампу бензином;

– выпускать воздух из резервуара паяльной лампы допускается только после того, как лампа будет погашена, а горелка полностью остынет до температуры окружающей среды;

– паяльные лампы могут быть использованы в технологическом процессе только в том случае, если расстояние от образованного лампой пламени составляет не менее 1,5 м до токоведущих частей напряжением до 10 кВ, при напряжении токоведущих частей более 10 кВ это расстояние должно составлять не менее 3 м;

– категорически запрещается разжигать паяльные лампы непосредственно под оборудованием, проводами и кабелями или вблизи маслонаполненных аппаратов.

**Правила производственной санитарии.** Производственная санитария предусматривает создание условий, обеспечивающих необходимую температуру в производственных помещениях, хорошую вентиляцию, достаточную освещенность ра-

бочих мест, отсутствие сквозняков, наличие вспомогательных и бытовых помещений.

*Температура* производственных помещений должна поддерживаться в пределах 16–20 °С.

*Вентиляция* производственных помещений должна обеспечивать создание комфортных условий труда за счет поддержания необходимого температурного режима, удаления вредных газов, паров и пыли. Вентиляция может быть приточной и вытяжной.

Одним из показателей требуемого санитарного состояния помещения является его *освещенность*. Оптимальная освещенность на рабочем месте должна обеспечивать снижение нагрузки на глаза, облегчая работу и уменьшая возможность травматизма. Освещение может быть как естественным (дневное освещение), так и искусственным (электрическое освещение). Предпочтительным является естественное освещение.

Во время работы необходимо соблюдать *общие правила гигиены*:

- работник, приступающий к работе, должен быть здоров, опрятно одет; волосы необходимо заправить под головной убор (берет, косынку);
- по окончании работы следует привести в порядок рабочее место, спецодежду убрать в специальный шкаф;
- каждый рабочий участок или мастерская должны быть оснащены аптечкой.

Помимо общих правил гигиены большое значение имеет личная гигиена работника. Под *личной гигиеной* понимаются меры, направленные на сохранение здоровья, предупреждение и устранение условий, которые могут привести к нарушению здоровья.

Для сохранения здоровья и предупреждения заболеваний необходимо:

- отводить на сон не менее 8 ч в сутки;
- в процессе работы время от времени менять рабочую позу;
- после окончания рабочего дня мыть в душе с мылом все тело.

**Вопросы для самоконтроля**

1. Расскажите, что является основным оборудованием рабочего места слесаря.
2. Назовите механизированные инструменты, которые используются при работе слесаря.
3. Поясните, для каких работ выпускают молотки массой 800 г.
4. Укажите, с какой точностью производится измерение штангенциркулем.
5. Поясните, для чего служит нутромер.
6. Расскажите, что измеряют курвиметром.
7. Назовите элементы, из которых состоит технологическая операция, выполняемая слесарем.
8. Укажите, правка какого металла наиболее сложная.
9. Назовите инструмент, используемый при вырубании узких пазов и канавок.
10. Поясните, каким по форме напильником выполняется заточка пил.
11. Укажите, какой шаг имеет резьба М16.
12. Объясните, для чего нужна притирка.

## **4. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О МЕХАНИЗМАХ И ИНСТРУМЕНТАХ, ПРИМЕНЯЕМЫХ ПРИ ВАЛКЕ ЛЕСА**

---

### **4.1. НАЗНАЧЕНИЕ И ИСТОРИЯ СОЗДАНИЯ БЕНЗОПИЛ**

*Бензомоторная пила (бензопила, мотопила)* – ручная цепная пила, снабженная двигателем внутреннего сгорания. Это универсальный инструмент, необходимый рабочим самых разных профессий:

- для лесозаготовителей бензопила – главное орудие труда. Применяются бензопилы для валки деревьев, обрезки сучьев, распиливания бревен, заготовки дров и др.;

- строителям, работающим с древесиной, бензопила заменила ручные пилы и топоры;

- для работников служб городского озеленения и парковых хозяйств выпускаются бензопилы для ухода за кронами деревьев. Ими можно работать одной рукой, а второй – держаться за лестницу;

- для спасателей выпускают специальные бензопилы, способные пилить металл и бетон.

В последнее время весьма популярны деревянные или ледяные скульптуры, и бензопила в этом случае также оказывается необходимой для скульптора. Трудно обойтись без цепной пилы и владельцу загородного дома или дачи.

Многие компании оспаривают первенство создания бензопилы. Заглянем в прошлое и обратим внимание на некоторые исторические факты.

Даже в начале XX в. рубка деревьев представляла собой довольно серьезную проблему. Мало кто из лесозаготовителей мог похвастаться каким-либо техническим приспособлением

для этого. В основном применялись ручные пилы и топоры, которые, несмотря на некоторые усовершенствования, не сильно облегчали задачу по рубке и обработке деревьев.

Технический прогресс заставил человека задуматься о том, как сделать работу лесорубов менее трудоемкой. Сложно сказать, кто именно первый придумал цепную пилу, но известен один исторический факт, что подобный инструмент был создан в 1830 году немецким врачом-протезистом *Бернардом Хайном*. Он изобрел хирургический инструмент для разрезания кости. Работал инструмент таким образом: цепь из скрепленных между собой звеньев с поставленными под углом режущими зубьями приводилась в движение ручкой звездочки, которая крутила цепь по небольшой шине. Это ускорило работу хирургов при операциях, ведь время для проведения подобных действий с пациентом было ограниченным. Так, медицина получила остеоскоп, а мы, простые люди, – первую цепную пилу. Однако применить ее в лесу смогли только через сотню лет.

За это время было совершено много попыток сделать цепные пилы для валки леса, но они получались большими, тяжелыми и не нашли ни коммерческого, ни практического применения.

Основной вклад в создание современной цепной пилы внесли несколько человек – Андреас Штиль, Джозеф Бафорд Кокс и братья Эммерик.

*Андреас Штиль*, немецкий механик, запатентовал в 1926 году первую *электрическую цепную пилу* и запустил ее в массовое производство под маркой *Stihl*. Позднее, в 1929 году, электромотор был заменен на бензиновый двигатель. Так в инструменте появилось самое главное – автономность. Но по-прежнему инструмент оставался достаточно громоздким и тяжелым. Управлять и работать им на протяжении нескольких часов было довольно тяжело даже физически сильному лесорубу, так как масса двигателя составляла 16 кг.

Перед конструкторами стояла задача усовершенствовать бензомотор и сделать бензопилу более легкой. Решение было найдено только через 20 лет, в 1948 году немецкими изобретателями *братьями Эммерик* – основателями компании SOLO

(Германия). Они придумали и создали двухтактный двигатель, который позволил серьезно облегчить инструмент без потери мощности. Масса двигателя составляла всего 6 кг. На базе своего мотора они создали сначала ранцевый мотоопрыскиватель, а позднее, в 1958 году, этот двигатель нашел применение и в бензопиле *Solo*.

Братьям Эммерик удалось развернуть двигатель приводным валом напрямую к пильной гарнитуре. Это была настоящая революция в инструментальном мире. Бензопила получила компактный и мощный двигатель и избавилась от громоздкого редуктора, значительно снизив свою массу. До этой модернизации у бензопил коленчатый вал двигателя располагался вдоль оси инструмента и требовал наличия угловой передачи на привод цепи. Первой такой серийной пилой, в конструкции которой отсутствовал редуктор, была бензопила REX фирмы SOLO. Именно она стала прообразом всех безредукторных бензопил, производящихся до настоящего времени.

В 1959 году компания Stihl разрабатывает свою, такую же по конструкции бензопилу Stihl Contga, которая становится конкурентом популярной пилы Solo REX.

В 1947 году профессиональный американский лесоруб *Джозеф Бафорд Кокс* модернизировал цепь для цепной пилы, которая доставляла до этого много хлопот, требовала постоянных заточки и правки. Наблюдая во время перерыва в работе за личинкой жука-короеда, Джозеф Кокс обратил внимание на легкость, с которой маленькая личинка древесного жука прогрызает себе путь в древесине крепкого пня, двигаясь при этом в любую сторону, какую пожелает, независимо от направления волокон. Повторив из стали С-образные челюсти личинки, лесоруб сделал новую цепь. Потом он с женой создал компанию *Oregon* по производству цепей, которые применяются сейчас в большинстве цепных пил.

Новые технологии в области сплавов металлов и моторостроения позволяют постоянно совершенствовать бензопилы. Сегодня производители предлагают цепные пилы мощные, безопасные, легкие для выполнения самых разнообразных работ.

## 4.2. КЛАССИФИКАЦИЯ БЕНЗОПИЛ

В настоящее время фирмами-производителями бензопил на рынке представлено множество различных моделей. Для лучшего ориентирования во всем многообразии бензопил их принято классифицировать по различным признакам.

По типу бензопилы подразделяются на специализированные и универсальные.

К *специализированным* бензопилам (рис. 4.1) относятся те, которые используются без переналадки только на одной операции, например на валке деревьев. Они выполняются с высоким расположением рукояток.



Рис. 4.1. Внешний вид специализированной бензопилы

*Универсальные* бензопилы (рис. 4.2), как правило, применяются без переналадки на нескольких операциях, например на валке деревьев, обрезке сучьев, раскряжевке хлыстов.



Рис. 4.2. Внешний вид универсальной бензопилы

По назначению существует деление бензопил на три основные категории: бытовые, полупрофессиональные и профессиональные.

*Бытовые бензопилы* предназначены для работы «от случая к случаю», в некоммерческих целях. Как правило, это сравнительно маломощные инструменты (обычно 1,3–1,6 кВт), с помощью которых можно заготавливать дрова (например, для камина), производить обрезку сада. Они обладают минимумом функциональных возможностей, рассчитаны в среднем на использование до 20 ч в месяц (около 40 мин в день), а их невысокая мощность компенсируется малой массой и удобством в обращении с пилой.

*Полупрофессиональные* модели способны выполнять любые работы – от ремонтно-строительных до валки деревьев. По своим характеристикам и качеству они приближены к профессиональным, но по производительности больше похожи на бытовые. Полупрофессиональные бензопилы уже требуют определенного ухода. При некоторых ограничениях по времени непрерывной эксплуатации они могут использоваться в коммерческих целях. Такие пилы часто применяются в качестве сучкорезок на очистке деревьев от сучьев. В течение суток могут работать с перерывами до 10 ч.

*Профессиональные бензопилы* обладают высокой мощностью (как правило, более 2,5 кВт). Они отличаются большой производительностью, максимальным ресурсом, а также виброзащитой самого высокого уровня и отлично сбалансированным корпусом с удобными ручками. Применяются в основном в качестве «валковых» пил. Могут работать день за днем в течение года по 10–16 ч в сутки. Главная особенность профессионального инструмента – возможность работы до 8 ч без перерыва. Такие пилы изготавливают из прочных и износостойких материалов. Их ресурс колеблется в пределах 1300–2000 моточасов (у бытовых моделей моторесурс в 2–3 раза меньше).

Среди профессиональных бензопил иногда выделяют группу *валочных* пил. Как следует из названия, они предназначены в первую очередь для валки деревьев. Это самые мощные и тяжелые бензопилы. Они оснащаются шинами метровой длины и цепями повышенной производительности. Некоторые валочные бензопилы оборудованы длинными ручками и поворотной шиной, позволяющими делать валочные пропилы стоя, что особо актуально в условиях глубокого снега.

К профессиональным пилам относятся и так называемые «одноручные» – пилы для ухода за кронами деревьев, что абсолютно точно характеризует их основное назначение (рис. 4.3). При кронировании и аккуратном удалении поврежденных ветвей деревьев работать приходится не на земле, а на лестнице или даже виса на веревке. При этом пилу приходится держать одной рукой – второй нужно держаться самому. Для подобных случаев «одноручные» пилы и разработаны. На самом деле ручки у них две, просто в отличие от классической компоновки рукоятка для правой руки расположена не сзади, а сверху пилы так, что центр тяжести проходит под ручкой. «Одноручные» пилы – рекордсмены по компактности и массе, поэтому они представляют интерес для охотников, рыбаков и туристов.



Рис. 4.3. Внешний вид «одноручной» пилы

*Мощность* бензопилы определяет ее способность протаскивать цепь через пропил. Это в свою очередь влияет как на глубину пропила, так и на скорость пиления. На бензопилах устанавливаются двигатели внутреннего сгорания мощностью от 1,3 до 8,6 кВт. Пилы мощностью до 2,1 кВт относятся к *легкому* классу. Это, как правило, бытовые и полупрофессиональные бензопилы. Профессиональные пилы отличаются большим разбросом мощности. Выбор зависит от условий эксплуатации и назначения пилы. При мощности двигателя от 2,1 до 4,0 кВт бензопилы относятся к *среднему* классу, а свыше 4,0 кВт – к *тяжелому*. Тяжелые пилы рекомендуются для валки крупномерного леса и деревьев твердых пород.

*Рабочий объем двигателя* – показатель мощности пилы. Он характеризует топливную эффективность: расход топлива на одну единицу работы. Необходимо правильно выбирать

соотношение мощности пилы и рабочего объема. Большой объем двигателя при маленькой мощности приводит к неэффективному использованию пилы: ресурс работы не используется до конца, в то время как деньги за это заплачены. И наоборот, маленький объем двигателя при высокой мощности повышает нагрузку на двигатель и значительно снижает износостойкость пилы.

В этом случае стоит обратить внимание и на обороты двигателя. Двигатель меньшего объема, но при более высоких оборотах будет работать с той же топливной эффективностью, что и двигатель большего рабочего объема, работающий на низких оборотах двигателя.

*Длина шины* – показатель, характеризующий, какой диаметр бревна или дерева может спилить данная пила. Лучше всего выбирать длину шины, способствующую свободному пропилу. Из технических характеристик можно самостоятельно определить максимальную длину пропила. Из указанной цифры в сантиметрах необходимо вычесть 5. Таким образом, получится максимальный диаметр свободного пропила. Например, шина Stihl Rollomatic E 2-3/8-1.6 мм имеет длину 63 см. Максимальная длина пропила составит  $63 - 5 = 58$  см.

Длина шины должна быть согласована с мощностью инструмента и шагом цепи. Узнать длину шины можно в технической документации, где прописываются оптимальные и максимальные значения: для обычных, бытовых пил – в пределах 40 см, для профессиональных бензопил – до 75 см, а в отдельных случаях и более. Шины меньшей длины ставить можно, а вот большей – нежелательно.

*Шаг цепи* – основной показатель качества цепи. Под этим понятием понимают расстояние между двумя соседними зубьями цепи.

При небольшой мощности пилы большой шаг цепи приводит к тому, что она сильно врезается в древесину, а пила не может ее проташить. Кроме того, при недостаточной мощности двигателя приходится прилагать дополнительные усилия при пилении, что ведет к преждевременной изнашиваемости пильной гарнитуры и двигателя, а также к увеличению расхода топлива.

Мощные пилы с малым шагом цепи не успевают задеть древесину и лишь протаскивают цепь.

*Вместимость топливного бака и бака для смазки цепи* указывает, сколько топлива можно залить в пилу. В бытовых пилах эти резервуары поменьше, в профессиональных – максимальные. Покупать бытовую пилу с большими баками не имеет смысла: для использования не каждый день это очень неудобно. Лучше перед каждой работой заливать новую порцию топлива. Чем больше резервуары, тем тяжелее становится пила при их заполнении.

Некоторые классификационные характеристики бензопил будут рассмотрены в соответствующих разделах.

### 4.3. РУЧНЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ

Из ручных инструментов на лесозаготовках находят применение топоры, сучкорезы, крюки захватные.

*Топоры* известны с глубокой древности. Это одно из самых полезных изобретений человечества. Изобретение очень простое и функциональное. Издревле делали топоры нескольких видов, каждый для своего рода работы. Размеры топора и размеры топорича становились главными отличиями топоров.

В настоящее время топоры применяются в быту для очистки садовых участков, мелких столярных работ и колки дров.

На лесозаготовках и при выполнении различных лесохозяйственных работ топоры используются для подруба деревьев перед валкой, обрубки сучьев с поваленных деревьев, окорки бревен (при отсутствии специальных инструментов), расколки и тески древесины. В соответствии с этим они называются *лесорубными, сучкорубными, колунами и топорами для тески*.

Топор состоит из собственно топора и рукоятки, называемой *топоричем 1* (рис. 4.4). Он имеет обух *6*, полотно *5* и лезвие *3*. Передний угол лезвия называют носком *4*, задний – пяткой *2*. Линия, идущая от угла носка до основания обуха, называется линией носка; линия, идущая от угла пятки, – линией пятки; боковые поверхности полотна – щеками. Топор насаживается на топориче.

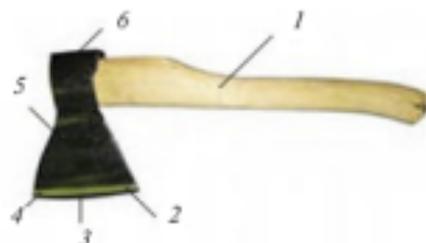


Рис. 4.4. Основные части топора

Материалом для изготовления топоров служат инструментальные качественные среднелегированные, прошедшие термообработку стали.

Для изготовления топорика используется древесина березы, ясеня, клена, граба, бука, яблони. Из плохого материала не стоит делать топорике по соображениям безопасности.

Размеры топорика зависят от типа топора. Для работ, требующих особой силы удара, нужен топор с формой удлиненного топорика. Для чистых точных работ, не требующих большой силы удара, топоры делают с формой короткого топорика. Для лесорубных топоров следует применять правильные топорика длиной 700–900 мм, для сучкорубных – 600–800 мм, для колуна – 750–930 мм. Наименьшую длину топорика имеют топоры для тески – около 500 мм.

Средней и захватной (за которую удерживают топор руками) части топорика придают несколько изогнутую форму и тщательно обрабатывают поверхность. Хвост топорика делают уширенным. Закрепительная часть плотно пригоняется к отверстию обука. Угол насадки должен соответствовать типу топора: для лесорубного 86–88°, сучкорубного 70–80°, колуна 80–90°.

Ось топорика и топора должны располагаться в одной плоскости. После насадки топорике расклинивают, вбивая один или два клина.

Сила удара, прилагаемая при работе топором, обуславливает форму топора. Так, *лесорубный топор*, применяемый для подруба ствола и обрубки толстых сучьев на крупных деревьях, должен глубоко проникать в древесину, не застревать

в ней, давать крупную щепу, т. е. требует значительной силы удара. В соответствии с этим форма его клиновидная, выпуклая (рис. 4.5, а).

*Сучкорубный топор* используется главным образом для обрубки сучьев и иногда для подруба тонкомерных деревьев. При обрубке сучьев требуется меньшая сила удара, но большая частота работы, поэтому лезвие сучкорубного топора длинное (рис. 4.5, б).



Рис. 4.5. Формы топоров: а – лесорубный; б – сучкорубный; в – колун; г – для тески древесины

*Колун* используется для раскалывания (расщепления) древесины. Форма лезвия у него короткая, клиновидная, тяжелая, с толстыми щеками, с углом заострения порядка  $35^\circ$  (рис. 4.5, в).

*Топоры для тески* древесины и подобных работ имеют широкое лезвие и короткое топорнище (рис. 4.5, г).

При очистке деревьев от многочисленных мелких сучьев возможно применение ручных сучкорезных приспособлений различной конструкции. Изображенный на рисунке 4.6 топор-секач (сучкорез) может использоваться для прореживания кустарника, срезания сучьев и даже срубания некрутных деревьев.



Рис. 4.6. Общий вид сучкореза

Закругленная форма лезвия создана специально для удобной и быстрой работы. Лезвие изготовлено из прочной нержавеющей стали. Удобная для захвата ручка выполнена из прочного, не скользящего, матового, армированного стекловолоконном полиамида.

Для подъема, перемещения и укладки в небольшие пачки или штабеля тонкомерных лесоматериалов и дров рекомендуется использовать крюки ручные захватные различной конструкции (рис. 4.7).



Рис. 4.7. Крюки захватные

Изготавливают крюки захватные ковкой из прочной стали. Они имеют заостренные острия и высококачественную эргономичную комбинированную рукоятку.

#### ***Вопросы для самоконтроля***

1. Объясните, как подразделяются бензопилы по типу и назначению.
2. Расскажите, что характеризует рабочий объем двигателя бензопил.
3. Ответьте: а) на что влияет длина шины бензопилы; б) что такое шаг цепи; в) на что указывает вместимость топливного бака.
4. Перечислите ручные инструменты, применяемые на лесозаготовках.
5. Объясните, для чего применяются захватные крюки.

## **5. УСТРОЙСТВО И РАБОТА БЕНЗОПИЛ**

---

### **5.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ**

По конструкции бензопилы подразделяют на редукторные и безредукторные.

*Редукторные* бензопилы относятся к специализированным и используются обычно для валки деревьев или раскряжевки лесоматериалов. Имеют следующие основные узлы (рис. 5.1): раму 1, двигатель 2, муфту сцепления 4, редуктор 5, пильный аппарат, состоящий из пильной шины 7 и пильной цепи 6, съемный стартер 3.



Рис. 5.1. Редукторная бензопила

Из редукторных бензопил в лесном хозяйстве получили распространение «Дружба» и «Урал» (Россия) различных модификаций.

*Безредукторные* бензопилы не имеют редукторов. Они значительно легче и обладают более высокой скоростью резания, чем редукторные. Ручки управления крепятся непосред-

ственно к корпусу двигателя, поэтому эти пилы относятся к типу пил с низко расположенными рукоятками управления.

Фирмы-производители предлагают большой выбор бензопил. К наиболее известным можно отнести пилы производства:

- Германии: Stihl, Dolmar, Solo, Jonsered, Makita, Al-Ko;
- Швеции: Husqvarna, Stiga;
- США: Partner, Patriot, Poulan, Chempion, McCulloch, Ryobi;
- США/Тайвань: Craftsman;
- США/Китай: Homelite;
- Китай: Greenline;
- Финляндии: BGTFinland;
- Японии: Shindaiwa, Echo;
- Италии: Alpina, Efcو;
- России: Тайга;
- Украины: Мотор Січ.

Поскольку безредукторные пилы в последнее время преобладают в хозяйствах, организациях и частном пользовании, описание устройства, эксплуатации, технического обслуживания и ремонта выполняется применительно к данным пилам.

Рассматриваемые бензопилы, независимо от производителя, имеют сходную конструкцию и состоят из следующих основных узлов (рис. 5.2): рамы 1, двигателя 2, муфты сцепления, пильного аппарата 3, элементов управления 4, элементов защиты 5, стартера 6.

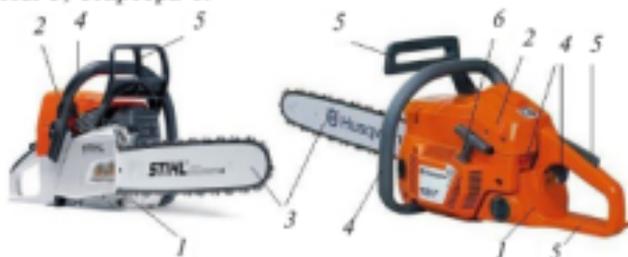


Рис. 5.2. Общее устройство безредукторной бензопилы

## 5.2. ДВИГАТЕЛЬ

Конструкция цепных пил не так проста, как кажется на первый взгляд. Производителю необходимо обеспечить нуж-

ные характеристики и надежность пил, максимально обезопасить пользователя от возможных травм, а по возможности – еще и упростить их обслуживание.

На бензопилах используется одноцилиндровый, двухтактный, бензиновый, карбюраторный двигатель с кривошипно-камерной продувкой. Сам двигатель состоит из деталей, объединенных под названием *кривошипно-шатунный механизм*. Надежную и эффективную работу двигателя обеспечивают системы *питания, смазки, охлаждения, зажигания и пуска*. Кроме того, у большинства современных бензопил имеются специальные уравнительные механизмы для уменьшения вибрации.

Рассмотрим устройство двигателя на примере бензопил фирмы Stihl.

Основой *двигателя* является цилиндр (рис. 5.3). *Цилиндр двигателя* литой, из алюминиевого сплава и выполнен как одно целое с головкой. Чтобы продлить срок службы деталей, на стенки цилиндра бензопил наносят специальные износостойкие гальванические покрытия толщиной около 0,1 мм. Встречается несколько вариантов покрытий: металлокерамика, хромирование, никелирование или гибридное покрытие «хром-никель». В первом случае образуется пористый слой, который хорошо задерживает смазку, благодаря чему она не стекает вниз, а находится в распределенном состоянии. Эта особенность важна при работе пилы с перерывами. Хромированное покрытие предотвращает появление вредоносного налета и нежелательных царапин.

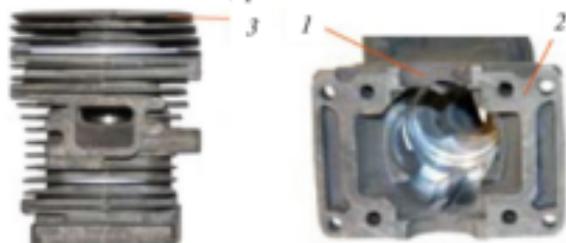


Рис. 5.3. Цилиндр двигателя

В цилиндре имеются впускное, перепускное (продувочное) и выхлопное окна. К патрубку впускного окна крепится

карбюратор, к патрубку выхлопного окна – глушитель. В головке цилиндра находится резьбовое отверстие, куда ввертывается свеча зажигания.

Для установки коленчатого вала предусмотрены посадочные места 1 (см. рис. 5.3) под опорные подшипники коленчатого вала. В нижней части располагается площадка для установки цилиндра на картер 2. Цилиндр имеет 15 охлаждающих ребер 3, которые равномерно распределены по всей поверхности.

Картер двигателя разъемный, литой. На нем крепятся основные узлы двигателя. Он служит камерой для рабочей смеси.

В состав *кривошипно-шатунного механизма* входят коленчатый вал, шатун, поршень. Коленчатый вал трехблочный (рис. 5.4), его противовесы 1 и шатун 2 штампованные. Шатун имеет открытый игольчатый подшипник нижней шейки 3 шатуна. Верхний подшипник 4 шатуна закрытый, запрессован в шатун. Шатун отцентрирован по нижней шейке. Все детали изготавливаются из легированной стали.



Рис. 5.4. Коленчатый вал и шатун

*Поршень* отлит из алюминиевого сплава и снабжен двумя компрессионными кольцами (чугунными), утопленными в канавках (рис. 5.5). Поршнем с кольцами герметизируются рабочие полости цилиндра и картера.

Диаметр и ход поршня, длина юбки зависят от мощности двигателя. С верхней головкой шатуна поршень соединяется через сепаратор игольчатого подшипника посредством запрессованного пальца, который от боковых смещений удерживается двумя кольцевыми пружинными стопорами.



Рис. 5.5. Поршень

Все современные цепные бензопилы оснащены карбюраторной *системой питания*. К элементам системы питания относятся бачок для хранения топлива, топливный фильтр, воздушный фильтр, топливопровод, карбюратор и рычаг управления.

*Карбюратор* (рис. 5.6) – довольно сложное устройство, поэтому большинство производителей решило пойти по простому пути: не экспериментировать, а обойтись надежными и проверенными моделями сторонних разработчиков. Чаще всего это Walbro или Zama. Один из главных показателей работы карбюратора – стабильность. От нее зависит, как будет функционировать двигатель.

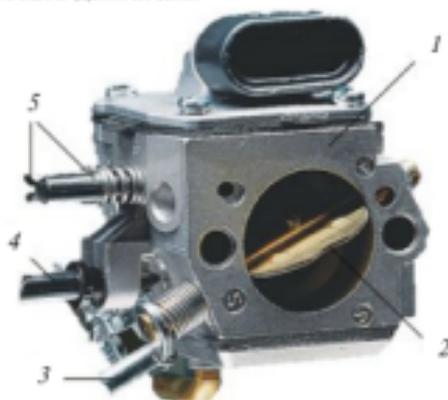


Рис. 5.6. Общий вид карбюратора: 1 – корпус; 2 – дроссельная заслонка; 3 – рычаг поворота дроссельной заслонки; 4 – винт регулировки холостого хода; 5 – винты регулировки подачи топлива и воздуха

В задачу карбюратора входит смешивание топлива и воздуха в оптимальном соотношении для любых режимов работы двигателя.

Теоретически при составе топливной смеси 14,8 кг воздуха и 1,0 кг бензина воздушное число лямбда равно 1,0. При этом соотношении топливная смесь сгорает полностью. Такое отношение называется идеальным. Топливная смесь является сгораемой при значениях лямбда между 0,7 и 1,25.

Реальные свойства топливной смеси отличаются от теоретических в зависимости от внешних условий (температуры, влажности воздуха, атмосферного давления) и от режимов работы двигателя (запуск, холостой ход, неполная нагрузка, полная нагрузка).

Если реальный состав смеси отличается от идеального, то смесь или бедная, или богатая.

Бедная смесь содержит больше воздуха. Из-за недостатка в смеси топлива двигатель не развивает полной мощности, кроме того, он имеет повышенную температуру из-за худшего внутреннего охлаждения.

Из-за уменьшенного объема маслосодержащей топливной смеси ухудшаются условия смазки, что приводит к повышенной опасности задира пары «поршень–цилиндр».

Богатая смесь содержит меньше воздуха. При богатой смеси происходит неполное сгорание топлива. Несгоревшая смесь проявляется в виде дыма из глушителя.

Рассмотрим общее устройство карбюратора со встроенным топливным насосом (рис. 5.7).

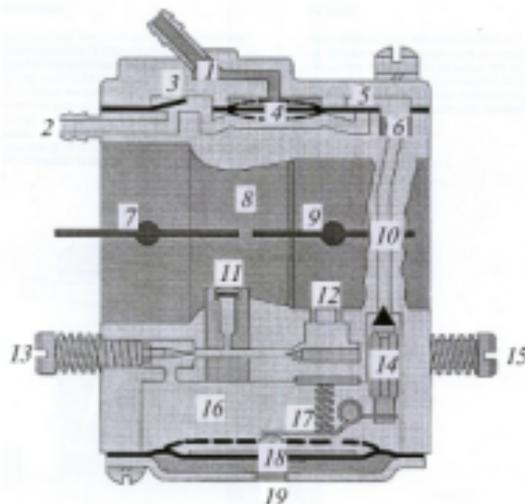


Рис. 5.7. Схема карбюратора

Карбюратор состоит из цельнолитого алюминиевого корпуса, в котором имеется с определенными внутренними контурами отверстие (сопло Вентури) – диффузор 8. Через диффузор протекает всасываемый двигателем воздух. Чем меньше проходное сечение диффузора, тем выше скорость протекания воздуха и выше разрежение в зоне минимального диаметра.

В различных местах диффузора имеются топливные каналы 11, 12, из которых потоком воздуха засасывается топливо.

Топливный насос, система жиклеров и система регулировки топливно-воздушной смеси встроены или установлены снаружи.

Положением дроссельной заслонки 9 определяется объем поступающего воздуха и в конечном итоге мощность, развиваемая двигателем.

Так называемая импульсная камера топливного насоса через импульсный канал 1 соединена с внутренним объемом картера двигателя.

В результате возвратно-поступательного движения поршня в цилиндре в картере возникает последовательное изменение давления (повышение или разрежение). Этим изменением давления в картере управляется работа мембраны 4 топливного насоса. То есть топливный насос работает принудительно и синхронно с изменением давления в картере в зависимости от оборотов двигателя.

Топливо засасывается с помощью мембраны насоса из топливного бака через входной штуцер карбюратора 2. Далее через впускной клапан 3, выпускной клапан 5 топливного насоса, через фильтрующую сеточку 6 по каналу 10 мимо иглы 14 через игольчатый клапан попадает в камеру 16 с управляющей мембраной 18.

Игла игольчатого клапана через рычаг 17 соединена с управляющей мембраной 18.

Функционирование всего карбюратора в целом также происходит под воздействием изменения давления в картере двигателя.

При такте всасывания в диффузоре 8 возникает разрежение и соответственно протекание воздуха, зависимое от оборотов и нагрузки двигателя, а также от положения дроссель-

ных заслонок 7, 9. При этом через жиклеры 11, 12 из камеры 16 засасывается топливо и подмешивается к протекающему воздуху. Топливо распыляется, и образуется необходимая для сгорания топливно-воздушная смесь. Эта смесь попадает в цилиндр. Там отдельные капельки топливно-воздушной смеси из-за высокой окружающей температуры испаряются.

Поскольку объем камеры, расположенный ниже управляющей мембраны, через отверстие 19 соединен с наружным воздухом (атмосферой), то управляющая мембрана 18 перемещается вверх. Одновременно через рычаг 17 она тянет иглу игольчатого клапана (на схеме вниз), тем самым открывая канал, и новая порция топлива попадает в камеру 16. По мере заполнения камеры управляющая мембрана возвращается в исходное состояние, игольчатый клапан закрывается, и в камере вновь оказывается порция топлива, которая была высосана через жиклеры. Этот процесс при работе двигателя повторяется циклично.

Количество топлива, которое вытекает из жиклеров в диффузор, регулируется главным винтом 13 и винтом холодного хода 15. Выкручивание винтов приводит к обогащению, а вкручивание – к обеднению топливно-воздушной смеси.

Дополнительно возможна регулировка оборотов холостого хода упорным винтом, который находится снаружи и при вкручивании упирается в рычаг, укрепленный на оси дроссельной заслонки.

С помощью трех регулировочных винтов можно настраивать двигатель для получения оптимальной мощности в любых условиях.

Высокие требования предъявляются и к *воздушному фильтру* (рис. 5.8), так как твердые частицы, попадая в цилиндр, быстро выводят его из строя. Засорение фильтра (причем опилки этот процесс заметно ускоряют) ведет к целому ряду неприятностей. Во-первых, образуется переобогащенная смесь, что влечет за собой перегрев двигателя и повышенный расход топлива. Во-вторых, происходит падение оборотов и уменьшение мощности двигателя. Неудивительно, что в столь жестких условиях фильтр без обслуживания не сможет работать долго, поэтому периодически его надо чистить. Чтобы получить к нему доступ, снимают защитную крышку.



Рис. 5.8. Воздушный фильтр: 1 – пластиковый каркас; 2 – сетка; 3 – пластиковое основание

По конструкции воздушные фильтры бывают прямоугольной, пирамидальной и другой формы. В качестве фильтрующего элемента может использоваться войлок, мелкоячеистый нейлон и другие материалы. Устанавливается фильтр на карбюратор в специальные углубления без дополнительной фиксации или фиксируется винтами.

Самый простой способ защитить фильтр – предварительно очищать поступающий к нему воздух. Так решили многие производители и усовершенствовали свои цепные пилы различными механизмами. Хороший эффект дает центробежная система, когда все крупные частицы выбрасываются из закрученного крыльчаткой потока воздуха. Можно также встретить дополнительную «сетку» грубой очистки или «хитрые» каналы, в которых воздушная масса сначала направляется вниз, а затем, оставляя мусор на дне, поднимается вверх.

*Топливный фильтр* располагается в бензобаке и предназначен для очистки топлива от различных примесей.

*Управление работой системы питания* осуществляется с помощью рычага, расположенного в задней рукоятке бензопилы.

*Система охлаждения* у бензопил воздушная. Надетая на цилиндр «рубашка» 1 с ребрами забирает тепло от нагревающихся деталей и отдает его потоку воздуха, который создает крыльчатка 2 на валу (рис. 5.9). Крыльчатка оснащена высокими и низкими лопастями, равномерно расположенными по всему диаметру.



Рис. 5.9. Элементы системы охлаждения

*Система смазки* в двигателе бензопилы отсутствует. Подшипники кривошипно-шатунного механизма и стенка цилиндра смазываются маслом, добавляемым в топливо. Масло вместе с рабочей смесью засасывается в картер двигателя и, находясь во взвешенном состоянии, соприкасается с движущимися деталями и оседает на них. Через отверстия и щели в обоймах подшипников оно подводится к ним. Избыток масла сгорает вместе с рабочей смесью. Тип масла используется специальный, именно для двухтактных двигателей. Масло добавляют прямо в бензин в пропорции от 1:50 до 1:20. Оно должно выдерживать высокие температуры и, сгорая вместе с топливом, оставлять минимум зольных отложений.

*Система зажигания* в бензопилах состоит из магнето маховичкового типа, провода высокого напряжения, запальной свечи и выключателя зажигания (рис. 5.10).



Рис. 5.10. Система зажигания бензопилы

*Магнето* представляет собой источник тока и служит преобразователем низкого напряжения в высокое. Оно может быть контактным и бесконтактным (электронным). На современных бензопилах используют бесконтактные магнето, которые состоят из маховика с магнитной системой и трансформаторного узла (рис. 5.11).



Рис. 5.11. Основные части магнето: а — маховик с магнитной системой; б — трансформаторный узел

Не вдаваясь в детальное рассмотрение устройства и работы электронной системы зажигания, отметим, что принцип ее действия основан на принципе магнитной индукции. За один оборот коленчатого вала индуктируется высокое напряжение, которое подводится через провод высокого напряжения к свече зажигания, и между ее электродами проскакивает одна воспламеняющая топливовоздушную смесь искра.

Остановка двигателя осуществляется нажатием на переключатель, закорачивающий первичную обмотку на массу.

Рассмотренная система зажигания относится к аналоговым, у которых управляющий сигнал генерируется в зависимости от напряжения в катушке зажигания в определенный момент времени. Поскольку величина этого напряжения колеблется в определенных пределах, имеет место незначительное отклонение управляющих сигналов. Поэтому в конструкциях современных бензодвигательных пил в целях точного управления моментом зажигания применяются цифровые системы зажигания. В них управляющие сигналы жестко связаны с частотой вращения. Встроенный микрочип, «мозг» цифровой системы зажигания, мгновенно распознает каждое изменение данных двигателя и рассчитывает правильные управляющие

команды. Благодаря этому для каждого рабочего состояния двигателя производится соответствующая установка зажигания, что способствует оптимальному использованию топлива и развитию мощности.

Кроме того, цифровая система зажигания обеспечивает включение зажигания, лишь начиная с заданной минимальной частоты вращения, при которой инерция массы больше, чем давление в цилиндре в момент первой вспышки. Это обеспечивает отсутствие отдачи при запуске двигателя. При достижении максимальной частоты вращения микрочип пропускает несколько искрообразований, и за счет компрессии в цилиндре двигатель тормозится. При этом исключается недостаток смазки в двигателе, уменьшается его перегрев и опасность повреждения деталей кривошипно-шатунного механизма.

Свеча зажигания служит для образования искрового разряда и зажигания рабочей смеси в камере сгорания двигателя. Свеча устанавливается в головке цилиндра. Когда импульс тока высокого напряжения попадает на свечу зажигания, между ее электродами проскакивает искра, которая воспламеняет рабочую смесь. Составляет свеча зажигания (рис. 5.12) из контактной гайки 1, изолятора 2, корпуса 3, уплотнительного кольца 4, центрального электрода 5 и бокового электрода 6.

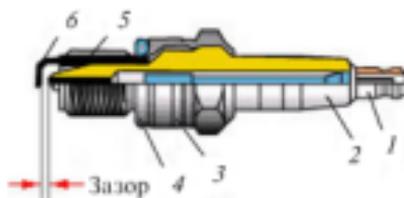


Рис. 5.12. Устройство свечи зажигания

Выключатель зажигания может быть установлен на бензопиле отдельно или выполнен в виде комбинированного рычага.

*Механизм пуска* включает стартер, праймер, декомпрессионный клапан.

Для *старта* бензопилы тянут за трос с ручкой, раскручивая маховик (рис. 5.13). При отпуске ручки возвратные

пружины оттягивают шнур назад. Устройство несложное, но завести пилу с первого рывка удается далеко не всегда. Поэтому многие фирмы вводят усовершенствования в конструкцию пил, чтобы максимально облегчить запуск. Одно из них – *праймер*. Это насос предварительной подкачки топлива в карбюратор.



Рис. 5.13. Общий вид стартера бензопилы

Старт бензопилы с мощным двигателем требует значительных усилий, ведь чем больше объем цилиндра, тем сложнее преодолеть сопротивление сжимаемого в нем воздуха. В таких случаях на помощь приходит *декомпрессионный клапан*. Открывая его перед пуском, освобождают канал, через который стравливается воздух, и ход поршня на какое-то время не ограничен воздушной пробкой. Усилие запуска в начальный момент будет незначительным, а по мере возрастания давления в цилиндре декомпрессионный клапан закрывается.

Иногда встречается такая особенность, как дополнительная пружина. Суть такова: потянув за шнур стартера, рабочий не раскручивает двигатель, а взводит еще одну пружину, соединенную с коленчатым валом. Стоит ей преодолеть сопротивление сжимаемого в цилиндре воздуха, как она раскручивается и разгоняет двигатель.

Напомним, что двигатель состоит из картера и цилиндра. В нижней части двигателя на подшипниках с двух сторон установлен коленчатый вал. Внутри цилиндра движется поршень – металлический стакан, опоясанный пружинящими кольцами (поршневые кольца), вложенными в канавки на поршне. Поршневые кольца не пропускают газы, образуя-

щиеся при сгорании топлива, между поршнем и стенками цилиндра. Поршень снабжен металлическим стержнем – пальцем, который соединяет поршень с шатуном. Шатун преобразовывает прямолинейное возвратно-поступательное движение поршня во вращательное движение коленчатого вала.

В двухтактных двигателях все рабочие циклы (процессы впуска топливной смеси, выпуска отработанных газов, продувки) происходят в течение одного оборота коленчатого вала за два основных такта. У двигателей такого типа отсутствуют клапаны (как в четырехтактных двигателях внутреннего сгорания), их роль выполняет поршень, который при перемещении закрывает впускные, выпускные и продувочные окна. Поэтому они более просты в конструкции.

Мощность двухтактного двигателя при одинаковых размерах цилиндра и частоте вращения вала теоретически в 2 раза больше четырехтактного за счет большего числа рабочих циклов. Однако неполное использование хода поршня для расширения, худшее освобождение цилиндра от остаточных газов и затраты части вырабатываемой мощности на продувку практически приводят к увеличению мощности только на 60–70 %.

Принцип работы двухтактного двигателя заключается в следующем.

1. *Такт сжатия.* Поршень перемещается от нижней мертвой точки (НМТ) поршня (в этом положении поршень находится на рис. 5.14) к верхней мертвой точке (ВМТ) поршня (положение поршня на рис. 5.15), перекрывая сначала продувочное 2, а затем выпускное 3 окно.

После закрытия поршнем выпускного окна в цилиндре начинается сжатие ранее поступившей в него горючей смеси. Одновременно в кривошипной камере 1 вследствие ее герметичности и после того, как поршень перекрывает продувочное окно 2, под поршнем создается разрежение, под действием которого из карбюратора через впускное окно и открывающийся клапан горючая смесь поступает в кривошипную камеру.

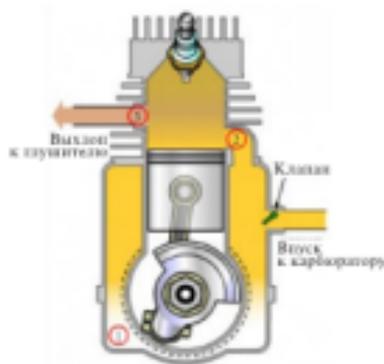


Рис. 5.14. Сжатие рабочей смеси

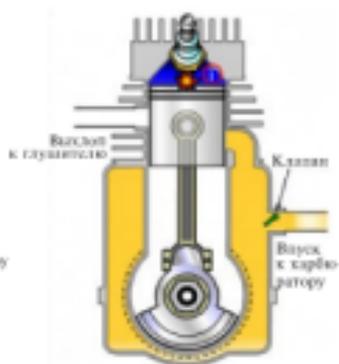


Рис. 5.15. Воспламенение рабочей смеси

2. *Такт рабочего хода.* При положении поршня около ВМТ сжатая рабочая смесь 1 (рис. 5.15) воспламеняется электрической искрой от свечи, в результате температура и давление газов резко возрастают. Под действием теплового расширения газов поршень перемещается к НМТ, при этом расширяющиеся газы совершают полезную работу. Одновременно, опускаясь вниз, поршень создает высокое давление в кривошипной камере (сжимая топливовоздушную смесь в ней). Под действием давления клапан закрывается, не давая таким образом горючей смеси снова попасть во впускной коллектор и затем в карбюратор.

Когда поршень дойдет до выпускного окна 1 (рис. 5.16), оно открывается и начнется выпуск отработавших газов в атмосферу, давление в цилиндре понижается. При дальнейшем перемещении поршень открывает продувочное окно 1 (рис. 5.17), и сжатая в кривошипной камере горючая смесь поступает по каналу 2, заполняя цилиндр и осуществляя продувку его от остатков отработавших газов.

Далее цикл повторяется.

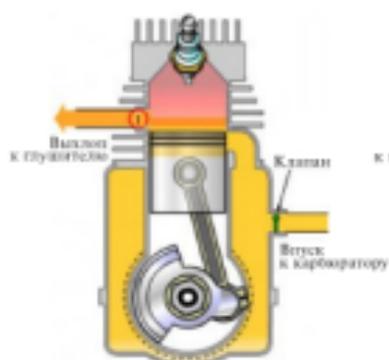


Рис. 5.16. Выпуск отработанных газов

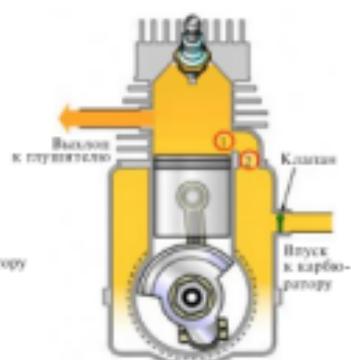


Рис. 5.17. Впуск рабочей смеси

### 5.3. МУФТА СЦЕПЛЕНИЯ

Современные бензопилы оборудованы *автоматическим центробежным фрикционным сцеплением*. Состоит муфта сцепления из ведущей и ведомой частей (рис. 5.18).



Рис. 5.18. Основные части муфты сцепления: 1 – ведущая часть муфты; 2 – ведущая звездочка; 3 – ведомая часть муфты

Ведущая часть муфты 1 жестко закреплена на коленчатом валу двигателя. Ведомая часть муфты 3 представляет собой стальную чашку (барaban), которая вместе с ведущей звездочкой 2 устанавливается на хвостовике коленчатого вала на игольчатом подшипнике.



Рис. 5.19.  
Ведущая  
часть муфты  
сцепления

Ведущая часть муфты сцепления состоит из грузов в виде трех кольцевых секторов и стягивающих пружин (рис. 5.19).

Муфтой сцепления передается крутящий момент от двигателя к пильному аппарату, а также ограничивается передаваемый крутящий момент. Включение и выключение муфты происходит в результате изменения частоты вращения коленчатого вала двигателя. При работе двигателя на холостых оборотах центробежная сила грузов меньше усилия пружин и ведущая часть муфты не передаст крутящий момент ведомой (грузики не прижимаются к ободу чашки). Но стоит увеличить обороты, как грузики под действием центробежной силы разойдутся и упрутся в стенки барабана, который заставит крутиться ведущую звездочку.

Польза сцепления заключается в том, что, например, при зажиме пильной цепи в пропиле оно проскальзывает (пробуксовывает) и тем самым предохраняет двигатель и пильный аппарат от поломок.

#### 5.4. ПИЛЬНЫЙ АППАРАТ

*Пильный аппарат* является основным узлом цепного срезающего механизма и состоит из пильной шины, ведущей и ведомой (может отсутствовать) звездочек, устройства для закрепления пильной шины, натяжного приспособления и пильной цепи.

*Пильная шина* (рис. 5.20) служит направляющей для пильной цепи, для чего на ее ребрах делают канавки. При резании направляющая шина, так же как и пильная цепь, подвергается сильным нагрузкам. Поэтому шина изготавливается из износостойкого материала и проходит дополнительную обработку для улучшения свойств. Она должна обладать достаточной упругой жесткостью.

Существует несколько типов пильных шин, предназначенных для различных задач и разных пользователей.

1. Пильные шины, устанавливаемые на бытовые бензопилы. Они предназначены для тех пользователей, которые рабо-

тают пилой изредка и не имеют особых профессиональных навыков. Поэтому, чтобы максимально обезопасить таких «операторов», производители устанавливают узкую плоскую шину с низкопрофильной цепью, обладающей весьма малой «склонностью» к обратному удару.



Рис. 5.20. Шины пильных аппаратов бензопил

2. Облегченные шины, предназначенные для выполнения работ, в которых определенную роль играет масса инструмента (например, пиление на высоте). Подобные шины состоят из двух стальных пластин с выбранными пазами, пустоты между ними заполнены полиамидом. Такая конструкция позволяет существенно уменьшить массу инструмента.

3. Для профессионального применения разработаны шины с заменяемыми головками. Они предназначены для длительной работы и используются на пилах средней и высокой мощности.

Ширина паза пильной шины соответствует толщине ведущих звеньев пильной цепи. Толщина пильной шины принимается на 2–5 мм меньше ширины пропила, чтобы избежать ее зажима в пропиле.

В технических характеристиках бензопил вместе с указанием длины шины обычно добавляют «рекомендуемая». Что это означает? Чем длиннее шина, тем большее сопротивление она оказывает вращательному моменту коленчатого вала двигателя. При недостаточной мощности бензопилы придется прилагать дополнительные усилия при работе, что приведет

к преждевременной изнашиваемости пильной гарнитуры и двигателя. Кроме того, поскольку большая часть мощности будет уходить вхолостую, увеличивается расход топлива.

Таким образом, длина шины должна быть согласована с мощностью пилы и слово «рекомендуемая» означает по сути «максимальная» (шины меньшей длины ставить можно, а вот большей – нежелательно).

*Ведомая (концевая) звездочка* меняет направление движения цепи на противоположное, улучшает условия огибания цепью вершины пильной шины за счет уменьшения трения. Устанавливается на игольчатом подшипнике в специальной обойме в вершинной части пильной шины.

*Ведущая звездочка* передает мощность двигателя на пильную цепь, устанавливается на валу двигателя пилы и снабжена зубьями и направляющими для пильной цепи (рис. 5.21).

На многих пилах применение находит кольцо-звездочка, которая в отличие от традиционной звездочки не имеет жесткого соединения с барабаном муфты сцепления и облегчает процесс ее замены (рис. 5.22).



Рис. 5.21. Ведущая звездочка



Рис. 5.22. Ведущая  
кольцо-звездочка

*Натяжное приспособление* предназначено для регулировки натяжения пильной цепи, чтобы она не выпадала во время работы из направляющих пильной шины. В то же время следует помнить, что излишнее монтажное натяжение цепи приводит к росту потерь энергии на трение и ускоренному износу пильного аппарата.

Механизм натяжения цепи располагается в корпусе бензопилы позади устройства для закрепления пильной шины; представляет собой червячный механизм. Регулирование натяжения цепи осуществляется отверткой через специальное отверстие в крышке (рис. 5.23).



Рис. 5.23. Натяжение пильной цепи

На современных пилах устанавливаются устройства для быстрого безинструментального натяжения цепи в виде бокового винта-барашка (рис. 5.24). С его помощью можно легко и быстро подтянуть пильную цепь без инструмента и контакта с ней. При этом необходимо отвернуть руками большой специальный винт-барашек и повернуть регулировочное колесико до оптимального натяжения.



Рис. 5.24. Устройство быстрого натяжения цепи

*Устройство для закрепления пильной шины* в консольных пильных аппаратах болтовое. Оно позволяет не только жестко крепить шину, но и защитную крышку.

*Пильная цепь* – главный элемент пильного аппарата, ею производится пиление. От режущих свойств и конструкций

пильной цепи зависят производительность и область применения цепных пил.

Пильные цепи можно классифицировать:

а) по форме зубцов:

– с плоскими зубцами, каждый из которых выполняет определенную работу при пилении;

– с зубцами Г-образного профиля, имеющими сложную форму и выполняющими всю работу по образованию дна и стенок пропила, а также транспортированию опилок;

б) по типу направляющих устройств для перемещения по пильной шине:

– с хвостовиками на средних звеньях, перемещающимися в пазу пильной шины;

– седлающего типа с выступами на боковых звеньях, между которыми образуются пазы для размещения в них направляющей пильной шины;

в) по способу соединения звеньев:

– неразборные (на заклепках);

– разборные (соединенные разборными шарнирами);

г) по шагу цепи:

– мелкозвенные, с шагом до 15 мм;

– крупнозвенные, с шагом свыше 15 мм.

В российских цепях шаг цепи – это расстояние между осями двух ближайших заклепок. В зарубежных – это расстояние между тремя последовательно расположенными осями заклепок, деленное на два (рис. 5.25).

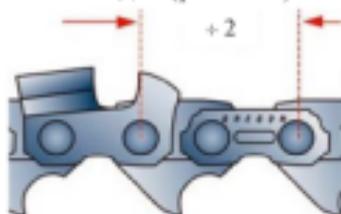


Рис. 5.25. Определение шага цепи

*Шаг цепи* является определяющим параметром и измеряется в дюймах. В зависимости от его значения все существующие цепи подразделяются на пять групп:

- шаг 1/4" (6,35 мм) присущ миниатюрным цепям, устанавливаемым на маломощные одноручные пилы;
- цепи с шагами 0,325" (8,25 мм) и 3/8" (9,52 мм) – наиболее распространенные варианты, более 80 % производимых по всему миру пил комплектуются именно ими;
- шаги 0,404" (10,26 мм) и 3/4" (19,05 мм) отличают цепи с более крупными звеньями и повышенной производительностью. Их устанавливают на мощные валочные пилы и машинное харвестерное оборудование.

С одной стороны, чем больше шаг цепи, тем крупнее составляющие ее звенья и выше ее производительность, но, с другой стороны, тем шире пропил, и для преодоления сопротивления резанию требуется более мощная пила. У цепей с маленьким шагом другие преимущества – большее число зубьев на единицу длины, плавное движение в пропилах и соответственно сниженная вибрация. Рез у них получается чище.

*Толщина ведущего звена* (хвостовика) – второй по значимости параметр. Во время работы цепь скользит в пазу шины, и это скольжение должно быть плавным, без зацепов и в то же время без лишней «болтанки». Толщина хвостовика и толщина паза должны строго соответствовать друг другу, повышая надежность посадки цепи и исключая вероятность ее «соскока». Международным сообществом производителей предусмотрено пять стандартных размеров толщины хвостовика цепи, измеряемых в дюймах или миллиметрах:

- 1,1 мм (0,043") – столь тонкие ведущие звенья характерны для самых миниатюрных цепей и пил соответствующего размера;
- 1,3 мм (0,050") – наиболее востребованный размер, свойственный бытовым и полупрофессиональным цепям;
- 1,5 мм (0,058") – занимает второе место по востребованности. Такие цепи ставятся на более мощные и производительные пилы;
- 1,6 мм (0,063") и 2,0 мм (0,080") – такие толстые хвостовики встречаются лишь на цепях для высокопрофессиональных пил.

В зависимости от высоты режущей кромки над плоскостью направляющей шины пильные цепи бывают *высоко-*

или *низкопрофильные*. Первые используют в профессиональных целях для получения максимальной производительности. Вторые устанавливают на бензопилы любительского класса, так как благодаря увеличенной площади опоры у режущих звеньев и сниженной толщине срезаемой стружки они более безопасны.

*Глубина резания* – величина зазора между верхней гранью зуба и ограничителем пропила, регулирующая толщину стружки. Чаще всего встречаются образцы с зазорами в 0,025" (0,635 мм) и 0,030" (0,762 мм), резе – с зазорами до 0,070" (1,778 мм), и они предназначены для агрегатов машинной валки леса. Глубина резания в значительной степени определяет производительность цепи, скорость ее пиления. Чем больше зазор, тем выше производительность. Однако в погоне за эффективностью не стоит забывать о вибрации: цепи с маленькой глубиной резания в пропиле движутся мягче, меньше «дергаются». Поэтому производители, стремясь уравновесить вибрацию и производительность, очень часто на цепи с большим шагом устанавливают резцы с минимальной глубиной резания, и наоборот.

Любую пыльную цепь составляют звенья трех типов: режущие, ведущие (хвостовики) и соединительные.

В настоящее время наибольшее распространение получили цельноштампованные неразборные пыльные цепи с зубьями Г-образного профиля (универсальные) и хвостовиками на средних звеньях. Прочность соединения обеспечивают заклепки.

*Режущее звено* – наиболее сложная деталь пыльной цепи, состоящая фактически из двух частей: ограничителя глубины пропила и режущего элемента с контурным углом резания Г-образной формы.

Верхняя режущая грань звена всегда шире самой цепи и шины, благодаря чему пропил получается достаточно свободным, а сопротивление резанию минимально. Работает зубец по принципу рубанка: чем дальше выдвинут нож (верхняя режущая кромка) над плоскостью рубанка (ограничитель резания), тем толще стружка.

В соответствии с формой режущего элемента различают два основных типа режущих зубьев (рис. 5.26):

– с *чизельным зубом* (от англ. *chisel* – резец, долото). Представляет собой «семерку» с острым углом между кромками (рис. 5.26, *а*). Чизельные зубцы отличаются высокой производительностью и скоростью пиления. За счет своей конфигурации они имеют меньшую площадь контакта с древесиной при работе, что снижает сопротивление резанию. Это профессиональный вариант, но он очень чувствителен к абразивной среде, быстро тупится при работе с «грязной» древесиной, а при заточке требует четкой выдержки всех углов и параметров;

– с *чипперным зубом* (от англ. *to chip* – рубить в щепу). Имеет серповидный профиль (рис. 5.26, *б*). Чиппер менее эффективен, так как площадь контакта с древесиной у него несколько больше, но и ухаживать за ним намного легче – скругленный угол не столь болезненно отзывается на незначительные погрешности при заточке. Подобные звенья хороши при работе с загрязненной древесиной.



Рис. 5.26. Типы режущих зубьев: *а* – режущее звено чизельного типа; *б* – режущее звено чипперного типа

Режущие зубья бывают право- и левосторонние, и на цепи их укрепляют поочередно. Основные части режущего звена показаны на рисунке 5.27.

Рабочие характеристики режущего звена определяют многочисленные факторы, а именно: угол заточки верхней грани и ее рабочий, режущий угол, угол боковой грани (угол атаки) и высота ограничителя резания (рис. 5.28). При заточке значения всех этих параметров необходимо четко выдерживать, так как даже небольшое изменение может привести к негативным последствиям.



Рис. 5.27. Устройство режущего звена

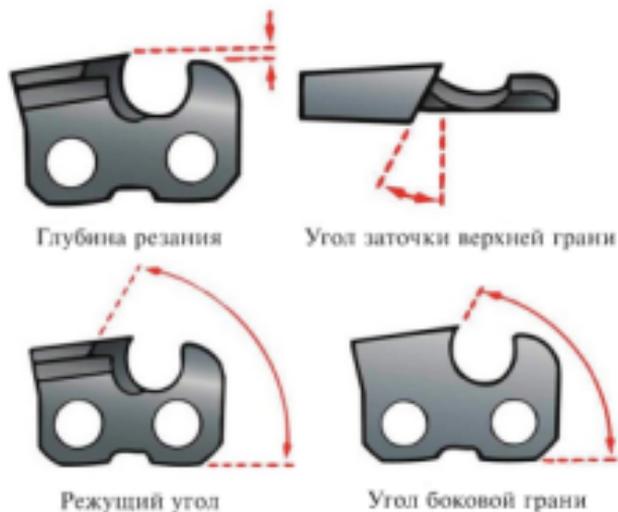


Рис. 5.28. Параметры режущих зубьев

Верхнюю и боковую грани режущего элемента обычно покрывают тонкой пленкой какого-либо твердого металла. Чаще всего это хром, но порой применяют никель-фосфорный сплав.

Нанесенное гальваническим методом покрытие значительно улучшает антифрикционные свойства деталей, повышает износостойкость, твердость и, по сути, выполняет всю основную работу по перерубанию древесных волокон. Стальная же «сердцевина» служит подложкой или основой под покрытие.

*Ведущие звенья* (хвостовики) обеспечивают движение цепи, передавая вращение от двигателя через ведущую звездочку, а также стабильное положение цепи на пильной шине. Дополнительной функцией ведущего звена является распределение смазки от ведущей звездочки (куда ее подает масляный насос) по всей шине и цепи. Следует отметить, что количество хвостовиков играет основную роль в обозначении длины цепи для определенной длины пильной шины, что облегчает правильный выбор и соответствует типу и размеру.

*Соединительные звенья* объединяют режущие и ведущие части в единое целое, именуемое пильной цепью.

*Универсальные пильные цепи* (рис. 5.29) состоят из правых 4 и левых 1 Г-образных строгачных зубьев, направляющих 7, соединительных с заклепкой 3 и соединительных без заклепки 5 звеньев.

Г-образные зубья крепятся на боковых звеньях в шахматном порядке без пропусков либо с пропусками. Впереди каждого зуба имеется ограничитель подачи 6 (ограничитель глубины пропила), который ограничивает толщину снимаемой стружки и транспортирует опилки из пропила. Толщина стружки зависит от изменения высоты ограничителя подачи зуба относительно его режущей кромки.

У пильных цепей со слабой отдачей применяется скошенный ограничитель пропила или звено с тремя горбами 2, установленное перед соответствующим режущим зубом вместо соединительного звена. Это способствует плавному врезанию режущего зуба в древесину.

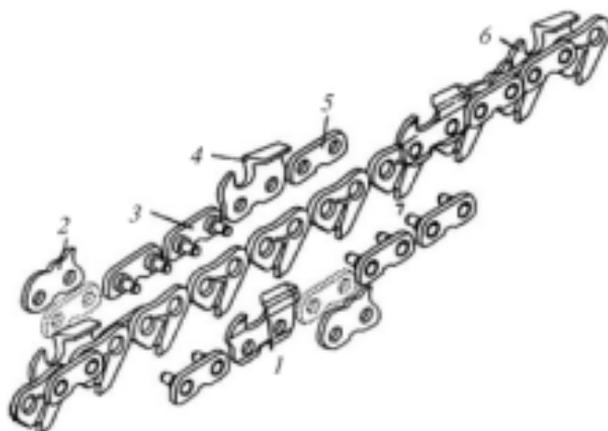


Рис. 5.29. Элементы универсальной пильной цепи

Направляющие звенья расположены в среднем ряду и снабжены хвостовиками, входящими в пазы пильной шины и в зацепление с ведущей звездочкой. Все звенья цепи соединены между собой заклепками, причем средний ряд подвижен относительно наружных рядов.

Возможный порядок следования зубов при сборке цепи показан на рисунке 5.30.

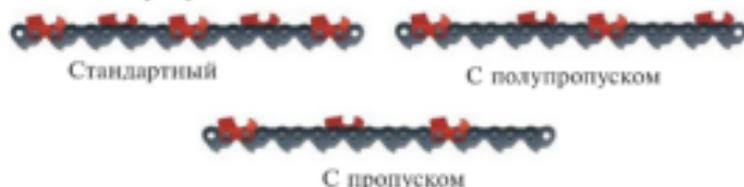


Рис. 5.30. Порядок следования зубов

### 5.5. ЭЛЕМЕНТЫ УПРАВЛЕНИЯ

Управление бензопилой довольно простое и включает следующие элементы (рис. 5.31): переднюю рукоятку 1, заднюю рукоятку 2, рычаг управления дроссельной заслонкой 3 и комбинированный рычаг переключения.



Рис. 5.31. Элементы управления бензопилой

*Передняя рукоятка* служит для удержания пилы в вертикальном, горизонтальном положении или под наклоном к продольной оси пилы. *Заднюю рукоятку* моторист обхватывает правой рукой и обеспечивает устойчивость пилы во время работы. В ее нижней передней части вмонтирован *рычаг управления дроссельной заслонкой* карбюратора. С его помощью увеличиваются или уменьшаются обороты пильной цепи.

*Комбинированный рычаг переключения* (рис. 5.32) выполняет следующие функции: пуск холодного двигателя (воздушная заслонка карбюратора перекрыта); пуск прогретого двигателя (старт); рабочее положение; выключение (стоп). Функции выбираются большим пальцем. Рука при этом остается на рукоятке.



Рис. 5.32. Комбинированный рычаг переключения

У некоторых моделей бензопил вместо одного комбинированного рычага могут использоваться отдельные рычаги и переключатели (рис. 5.33), однако функции, выполняемые ими, аналогичны описанным выше.



Рис. 5.33. Раздельные рычаги переключения

### 5.6. ЭЛЕМЕНТЫ ЗАЩИТЫ И СПОСОБЫ СНИЖЕНИЯ ОТРИЦАТЕЛЬНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ПРИ РАБОТЕ С БЕНЗОПИЛАМИ

Работа бензодвигательных пил (бензопил) связана с риском получения травмы, с вибрацией, шумом и загрязнением окружающей среды. Все эти явления в разной степени вредны для здоровья моториста бензодвигательной пилы. Так как полностью исключить воздействие этих факторов невозможно, перед конструкторами и изготовителями стоит задача их уменьшения. Непрерывно проводимая в этом плане работа привела к тому, что большинство пил оборудованы активными и пассивными средствами защиты рабочих, устройствами профилактической охраны здоровья.

**Активные средства защиты.** К ним относятся элементы защиты, расположенные на самой бензопиле.

На пилах Stihl, Husqvarna и других имеется подключаемый *электрообогрев рукояток* (рис. 5.34).

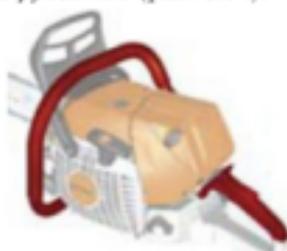


Рис. 5.34. Электрообогреваемые рукоятки

При необходимости питание к пленочным нагревательным элементам в рукоятках поступает от встроенного генератора. Благодаря этому рукоятки остаются теплыми и сухими, а моторист управляет бензопилой со шноровкой даже при низких наружных температурах.

*Блокировка рычага управления дроссельной заслонкой* (рис. 5.35, 1) позволяет исключить непреднамеренный пуск пильной цепи и является дополнительной системой торможения. При обхвате ручки блокировка деблокируется. Лишь после этого можно включить рычаг управления дроссельной заслонкой и придать движение пильной цепи.

*Переднее устройство для защиты рук, или тормоз пильной цепи* (рис. 5.35, 2), защищает левую руку и предплечье моториста от ранений задевающими ветками и отбрасываемыми сучьями. Окно в защитном устройстве позволяет наблюдать за пильной цепью во время работы. Устройство также включает или выключает тормоз пильной цепи.

*Заднее устройство для защиты рук* (рис. 5.35, 3) защищает от ранений правую руку на задней ручке при соприкосновении с различными предметами (сучья, камни, срезанные стволы и т. д.). Оно также оправдывает себя, когда пильная цепь из-за затупления, ослабления или слишком сильного натяжения соскакивает или разрывается и отбрасывается в сторону моториста.



Рис. 5.35. Элементы защиты

Цепная пила – очень опасный инструмент. Цепь, как правило, движется со скоростью более 10 м/с. Легкого и не-

продолжительного касания достаточно, чтобы получить серьезную травму. Тормоз цепи в случае экстренной ситуации остановит ее за 0,10–0,15 с, и такие величины выбраны не случайно. Если торец или верхняя часть гарнитуры наткнется на препятствие, возникает обратный удар: инструмент отскакивает назад, поэтому цепь надо «заморозить» до того, как она долетит до пользователя.

Тормоз цепи при отдаче может включаться как вручную путем нажатия левой рукой переднего защитного устройства для рук, так и автоматически – под действием инерции масс этого же защитного устройства.

При нормальной работе с бензопилой тормозная лента 5 (рис. 5.36) охватывает соединительный барабан 4, но не прижимается плотно к нему. В результате этого барабан с ведущей звездочкой и пыльная цепь могут свободно вращаться. Тормозная пружина 6 с предварительным натяжением, устройство для защиты рук 1, рычаг включения 2 и тормозной рычаг 3 находятся в нейтральном положении.

При достаточно сильной отдаче пилы устройство для защиты рук 1 передвигается вперед. Это движение вызывает перемещение рычага включения 2 и деблокировку тормозного рычага 3. Освободившийся рычаг 3 под действием пружины 6 поворачивается против часовой стрелки. Вследствие этого тормозная лента 5 под действием тормозной пружины 6 притягивается к соединительному барабану 4, охватывает прочно барабан и затормаживает его до полной остановки, что также приводит к остановке цепной звездочки и пыльной цепи.

Для отпускания тормоза цепи устройство для защиты рук необходимо передвинуть в направлении передней рукоятки. Это движение передается рычагом включения 2 на тормозной рычаг 3, в результате чего происходит его стопорение. При вращении рычага 3 по часовой стрелке натягивается тормозная пружина 6, которая оттягивает при этом тормозную ленту 5 от соединительного барабана, освобождая его. Бензопила готова к работе. Автоматический тормоз пыльной цепи позволяет также обеспечить безопасный запуск пилы и переход от дерева к дереву с работающей пилой, так как пыльная цепь остается неподвижной.



Рис. 5.36. Схема тормоза пильной цепи

*Безопасная цепь* – это цепь с ограничителями глубины пропила и частично с предохранительными звеньями, которые уменьшают вероятность неожиданных отбрасываний моторной пилы вверх или назад. Такие цепи значительно снижают опасность травмы, особенно при обрезке сучьев.

*Вибрацию* вызывают силы инерции возвратно-движущихся частей, неуравновешенные силы инерции вращающихся масс, неравномерность крутящего момента двигателя, неравномерность движения пильной цепи, а также постоянные столкновения режущих зубьев с древесиной.

Вибрация опасна тем, что в результате ее длительного воздействия (как это бывает, например, у профессиональных вальщиков) может развиваться так называемый симптом Рейно: в результате ухудшения кровоснабжения кончики пальцев теряют свою чувствительность, болезненно реагируют на температурные изменения.

Оценку параметров вибрации моторных инструментов производят по спектру виброскорости на поверхностях, контактирующих с руками рабочего в диапазоне среднегеометрических значений частот: 8, 16, 31,4, 68, 125, 250, 500, 1000 и 2000 Гц. Уровень вибрации измеряют в децибелах (дБ). Санитарными нормами допускается максимальный уровень вибрации 111 дБ при работе с моторными инструментами в течение смены.

Стремление производителей снизить вредное влияние высокочастотных колебаний сводится в основном к разработке

специальных амортизирующих деталей. Уровень вибрации снижается в результате отделения рукояток от двигателя при помощи пружинных амортизаторов, а точно рассчитанные буферные зоны смягчают передачу вибраций от двигателя и пильной цепи на рукоятки (рис. 5.37). Это экономит силы и делает работу с пилой более удобной.



Рис. 5.37. Элементы антивибрационной системы

*Улавливатель пильной цепи* – расположен под креплением шины на корпусе двигателя в виде выступа (рис. 5.38). Если цепь рвется в процессе работы, она соскальзывает с шины и на большой скорости отлетает вниз, под ноги мотористу. Улавливая разорванную пильную цепь и направляя ее под мотопилу или под крышку цепной звездочки, цепеулавливатель защищает моториста от травмы.



Рис. 5.38. Улавливатель пильной цепи

*Зубчатый упор* предназначен для надежной опоры во время работы при валке и распиловке стволов деревьев.

*Кожух цепи* или *футляр для бензопил* (рис. 5.39) предотвращает от травмы вследствие прикосновения к пильной цепи при транспортировании. Кожух цепи насаживается на режущую гарнитуру при остановленном двигателе. Футляр для бензопил служит для хранения и транспортирования бензопил с длиной шины до 45 см.



Рис. 5.39. Средства защиты при транспортировании бензопил:  
а – кожух цепи; б – футляр для бензопилы

Стремление обеспечить конкурентоспособность на широком рынке пил заставляет разработчиков постоянно совершенствовать их конструкцию. На большинстве моделей бензопил, выпускаемых ведущими зарубежными фирмами, применяются следующие усовершенствования.

*Декомпрессионный клапан* снижает в начальный момент запуска двигателя давление сжатия в камере сгорания, и благодаря этому уменьшается необходимое тяговое усилие на рукоятке стартера.

*Турбосистема очистки воздуха* использует центробежную силу воздушного потока для очистки всасываемого воздуха на 99 % от пыли и опилок до того, как они достигают воздушного фильтра. Срок работы пилы без очистки фильтра вдвое больше.

Применяют экологически чистые, биорасщепляемые, на растительной основе смазочные масла; экологически безвредное горючее, не содержащее цинк и бензол; присадки к топливу и катализаторы, сокращающие долю несгоревшего топлива в выхлопных газах и количество вредных углеводородов, попадающих в окружающую среду.

**Пассивные средства защиты.** В качестве пассивных средств защиты применяются специальная одежда, обувь, каска и рукавицы.

*Защитная каска* выполнена из ударопрочной пластмассы со съёмной амортизирующей прокладкой, которая может отстегиваться. Каска комплектуется козырьком (защитным щитком), наушниками и шейной накладкой (рис. 5.40). Защитный щиток выполнен из отражающей слепящее действие пластмассовой ткани или из сетчатого материала, хорошо пропускающего свет и защищающего от дождя.



Рис. 5.40. Защитная каска с наушниками и щитком

Наушники защищают моториста от вредных частот звуковых колебаний, сохраняя полную слышимость.

Основными источниками шума являются выхлопные газы двигателя внутреннего сгорания, движущиеся части двигателя и пыльного аппарата. Шум – это вид звука, который раздражает и обременяет человека, а в чрезвычайных ситуациях может даже навредить здоровью. Уровень шума измеряют в децибелах по шкале А (дБА), так как измеряющее устройство содержит фильтр типа А. Санитарными нормами допускается максимальный уровень шума при работе с бензопилой в 96 дБА.

Существенной частью пассивной защиты моториста является *защитная одежда* с прокладками для защиты от разреза в области ног и живота. Прокладки для защиты от разреза состоят из большого числа очень длинных отдельных волокон, уложенных свободно в виде петель. Они образуют тонкую ткань редкой петельной структуры, в результате чего сохраняется комфортность ношения одежды.

Если моторная пила разрезает верхний слой материала, то зубья цепи захватывают волокна защитной прокладки и вырывают их пучками (рис. 5.41). В течение долей секунды длинные волокна транспортируются пыльной цепью к ведущей звездочке. Цепная звездочка засоряется, и привод блокируется. Пыльная цепь останавливается, прежде чем штанна будет полностью разрезана.



Рис. 5.41. Разрез верхнего слоя защитной одежды

*Защитная обувь* (рис. 5.42) с ребристой подошвой удобна для устойчивого стояния. Носок выполнен со стальной накладкой для эффективной защиты пальцев ног от травм. Прессованная ребристая форма подошвы предотвращает скольжение. Передняя часть голенища выполнена из полиамидного трикотажа и специальной усиленной резины для защиты от травм. Прочная хлопчатобумажная подкладка греет и хорошо впитывает влагу.



Рис. 5.42.  
Защитная обувь

*Защитные рукавицы* (рис. 5.43) с внешней стороны имеют прочный водонепроницаемый полиэстер, с тыльной стороны – специально пропитанную кожу для хорошего сцепления с ручкой. Правая рукавица выполнена с указательным пальцем для управления дроссельным рычагом, а левая – с защитой ладони от разреза.



Рис. 5.43. Рукавицы

Рабочая одежда лесоруба прочная, грязеотталкивающая и не требует особого ухода. Она имеет удобный целесо-

образный покрой, обеспечивает достаточную свободу движений, выполнена из сравнительно легких, хорошо переносимых кожей человека теплоизоляционных, воздухопроницаемых и влагообменных материалов. На плечах, спине, рукавах и штанинах нанесены широкие *сигнальные полосы* оранжевого цвета, видимые издали. На грудных карманах и рукавах имеются «*рейтинговые*» застёжки (на «липучках»), которые можно расстегивать не снимая рукавиц.

Пассивные предохранительные элементы (на рабочем) наряду с активными предохранительными элементами (на пиле) являются важным условием надежной защиты от несчастных случаев.

#### ***Вопросы для самоконтроля***

1. Назовите узлы, из которых состоит безредукторная бензопила.
2. Объясните, какой двигатель используется в бензиномоторных пилах.
3. Укажите, что входит в состав кривошипно-шатунного механизма.
4. Назовите, из каких элементов состоит воздушный фильтр.
5. Объясните, для чего служит магнето.
6. Назовите, что включает в себя механизм пуска.
7. Перечислите элементы, из которых состоит пыльный аппарат бензиномоторной пилы.
8. Объясните, как измеряется шаг цепи.
9. Поясните, какие элементы включает управление бензиномоторной пилой.
10. Расскажите, что относится к активным средствам защиты при работе с бензопилой.
11. Перечислите средства индивидуальной защиты, применяемые при работе с бензиномоторной пилой.

## **6. ЭКСПЛУАТАЦИЯ БЕНЗОПИЛ**

---

### **6.1. ОСНОВЫ ТЕОРИИ НАДЕЖНОСТИ МАШИН**

Усложнение современной техники, увеличение ее мощи, возрастание требований к конечному продукту потребовало создания специальной науки – «Теория надежности».

Теория надежности изучает методы обеспечения стабильности работы изделий, устройств, систем в процессе проектирования, производства, эксплуатации и хранения; устанавливает и изучает количественные показатели надежности; исследует связь между показателями эффективности и надежности.

Обеспечение надежности работающих машин и механизмов стало одной из важнейших задач прежде всего потому, что ненадежность наносит огромный экономический и экологический ущерб народному хозяйству, связанный с затратами на ремонт, с недоочечей или потерями продукции, с содержанием технического персонала, не говоря уже об угрозе безопасности здоровью людей, о моральных факторах, которые невозможно учесть обычными экономическими показателями.

Практический опыт показывает, что в большинстве случаев для машин и механизмов выгоднее предусмотреть дополнительные средства на обеспечение требуемой надежности на первоначальном этапе (т. е. на этапе проектирования), чем расплачиваться дополнительными эксплуатационными затратами – ненадежностью в последующем.

Цель изучения и внедрения надежности в производство и производственные процессы – создание условий устойчивой работы механизмов за определенный период времени, исклю-

чение аварийных ситуаций, повышение качества выпускаемой продукции и в конечном счете повышение экономичности работы различных устройств и предприятий в целом. Часто говорят, что надежность является родной сестрой экономичности.

Остановимся на основных показателях теории надежности применительно к машинам и механизмам.

*Работоспособное состояние* (работоспособность) – состояние механизма, при котором он способен выполнять заданные функции, сохраняя значения заданных параметров в пределах, установленных нормативно-технической документацией. Заданными параметрами могут быть мощность двигателя, расход топлива или масла и др.

*Неработоспособное состояние* (неработоспособность) – состояние механизма, при котором значение хотя бы одного заданного параметра, характеризующего способность выполнять заданные функции, не соответствует требованиям, установленным нормативно-технической документацией.

*Исправное состояние* (исправность) – состояние механизма, при котором он соответствует всем требованиям, установленным нормативно-технической документацией.

*Неисправное состояние* (неисправность) – состояние механизма, при котором он не соответствует хотя бы одному из требований, установленных нормативно-технической документацией.

*Отказ* – событие, заключающееся в нарушении работоспособности механизма.

*Наработка* – продолжительность или объем работы механизма. Нарботку можно измерять в часах, километрах, гектарах, кубометрах и других единицах. В процессе эксплуатации различают суточную или сменную, месячную, годовую наработку, наработку до первого отказа или между отказами, межремонтную и т. п.

*Технический ресурс* (ресурс) – наработка механизма от начала эксплуатации или ее возобновления после капитального ремонта до наступления предельного состояния.

*Срок службы* – календарная продолжительность эксплуатации механизма от ее начала или возобновления после ка-

питательного ремонта до наступления ремонтного состояния. Нельзя путать срок службы с ресурсом. Например, ресурс двух бензопил одной марки одинаков, а срок службы их будет разным, если одна из них будет работать в две смены, а другая – в одну.

Для оценки надежности машины или механизма используются единичные и комплексные показатели надежности.

*Единичные показатели надежности:*

– вероятность безотказной работы, наработка на отказ, средняя наработка до отказа, интенсивность отказов и параметр потока отказов – этими показателями оценивают *безотказность работы*;

– гамма-процентный ресурс (срок службы), средний ресурс (срок службы), средний ресурс (срок службы) между капитальным ремонтом и средний ресурс (срок службы) до списания – служат для оценки *долговечности*. Гамма-процентный ресурс (срок службы) – это наработка (или календарная продолжительность эксплуатации), в течение которой механизм не достигнет предельного состояния с заданной вероятностью (в процентах);

– вероятность восстановления в заданное время и среднее время восстановления работоспособности механизма – показатели для оценки *ремонтпригодности*;

– средний срок сохраняемости и гамма-процентный срок сохраняемости – показатели *сохраняемости*. Последний показатель показывает срок сохраняемости, который будет достигнут механизмом с заданной вероятностью (в процентах).

Для более полной оценки надежности применяют *комплексные показатели* – такие как коэффициенты готовности, технического использования, оперативной готовности, средние суммарные и удельные суммарные трудоемкости и стоимости технического обслуживания и ремонта.

Единичные и комплексные показатели надежности определяют опытным путем. Для этого в заданных условиях проводят испытания большой партии механизмов с фиксацией всех показателей (наработки, отказов, неисправностей и т. д.). После математической обработки опытных данных получают количественные значения необходимых показателей.

В практических условиях наиболее часто определяют коэффициенты готовности и технического использования.

*Коэффициент готовности* ( $K_r$ ) – это вероятность того, что механизм окажется работоспособным в произвольный момент времени, кроме планируемых периодов, когда его использование по назначению не предусматривается. Этот коэффициент характеризует одновременно два различных свойства – безотказность и ремонтпригодность. Количественно коэффициент готовности определяют по формуле

$$K_r = \frac{T_o}{T_o + T_a},$$

где  $T_o$  – среднее время безотказной работы за определенный период (наработка на отказ);

$T_a$  – среднее время, затраченное на восстановление работоспособности машины за этот же период эксплуатации, т. е. среднее время на отыскание и устранение отказов.

*Коэффициент технического использования* ( $K_a$ ) определяют отношением суммарного времени пребывания испытываемых механизмов в работоспособном состоянии (суммарной наработки) за определенный период эксплуатации к сумме этой наработки и времени простоя, затраченного на техническое обслуживание и ремонт за тот же период эксплуатации. Коэффициент технического использования определяют по формуле

$$K_a = \frac{T_{\text{сум}}}{T_{\text{сум}} + T_{\text{рем}} + T_{\text{отс}}},$$

где  $T_{\text{сум}}$  – суммарная наработка всех механизмов;

$T_{\text{рем}}$  – суммарное время простоев из-за планового и внеплановых ремонтов всех механизмов;

$T_{\text{отс}}$  – суммарное время простоев из-за планового и внепланового технического обслуживания всех механизмов.

Коэффициент технического использования наиболее полно характеризует надежность машины, так как учитывает затраты времени в процессе проведения технического обслуживания, ремонта и устранения отказов всех видов.

Практика показывает, что капитально отремонтированные машины и механизмы имеют надежность ниже новых.

Поэтому испытания для определения показателей надежности проводят отдельно с группой новых машин и капитально отремонтированных, а также отдельно по машине каждой марки. Показатели будут тем достовернее, чем больше машин будет в группе.

## **6.2. ВИДЫ ИЗНОСА ДЕТАЛЕЙ И МЕРЫ СНИЖЕНИЯ ИЗНАШИВАНИЯ**

В процессе работы машин и механизмов поверхности трения деталей находятся в различных условиях. В зависимости от того, есть или нет смазка между трущимися поверхностями, различают несколько видов трения.

*Трение без смазки* происходит при отсутствии на поверхностях трения обоих твердых тел смазочного материала всех видов. Такое трение сопровождается повышенными температурами на поверхностях трения, пластическими деформациями и даже охватыванием отдельных точек контакта, приводящими к интенсивному разрушению трущихся поверхностей.

В условиях трения без смазки, к примеру, в бензопилах работают муфта сцепления, тормоз пильной цепи.

*Граничное трение* двух твердых тел возникает при тонком слое смазки на поверхностях трения, не превышающем высоты шероховатостей соприкасающихся поверхностей. При сравнительно небольших нагрузках условия граничного трения оказывают положительное воздействие, интенсивность разрушения трущихся поверхностей резко снижается. Однако при больших нагрузках масляная пленка разрушается, частицы ее попадают в образующиеся микротрещины и при сжатии их в местах контакта проявляют расклинивающее действие, увеличивая интенсивность разрушения трущихся поверхностей.

При таком трении в бензопилах работает трущаяся пара «пильная шина – пильная цепь».

*Жидкостное трение* возникает между двумя телами, полностью разделенными слоем жидкости (смазки). Отсутствие контакта между поверхностями предохраняет их от разрушения. Заметные повреждения или разрушения поверхностей происходят только в моменты нарушения условий жидкост-

ного трения или при попадании в смазку посторонних твердых частиц.

При таком трении работают коренные и шатунные подшипники коленчатых валов, поршневые пальцы и др.

В условиях всех видов трения происходит разрушение трущихся поверхностей, иначе говоря, поверхности изнашиваются.

*Изнашивание* – это процесс постепенного изменения размеров деталей вследствие работы трения, проявляющийся в отделении с поверхностей трения материала и (или) его остаточной деформации.

*Износ* – результат изнашивания деталей, т. е. результат работы трения. Изнашивание деталей машин сопровождается сложными физико-химическими явлениями и многообразием влияющих на него факторов. Оно зависит от материала и качества трущихся поверхностей, характера и скорости их взаимного перемещения, от характера контакта, вида и значения нагрузки, вида трения и многих других факторов.

Установлены три группы изнашивания в машинах: механическое, молекулярно-механическое и коррозионно-механическое. Каждая группа изнашивания делится на несколько видов.

**Механическое изнашивание.** Механическое изнашивание разделяют на абразивное, гидроабразивное, газоабразивное, эрозионное, усталостное и кавитационное.

*Абразивное* изнашивание в машинах возникает в результате микропластических деформаций и срезания металла твердыми абразивными частицами, находящимися между поверхностями трения. Абразивные частицы, попавшие из окружающей среды или образовавшиеся при других видах изнашивания, часто по твердости превышают твердость трущихся поверхностей и действуют как режущий инструмент. Поэтому по своей природе и механизму протекания абразивное изнашивание очень похоже на явление резания металлов. Абразивному изнашиванию подвержены детали машин, работающие в абразивной среде. В бензопилах это пыльная цепь и пыльная шина, ведущая и ведомая звездочки, маховик и др.

*Гидроабразивное* изнашивание вызывается абразивными (твердыми) частицами, перемещающимися потоком жидкостей. Абразивные частицы попадают в поток жидкости в результате загрязнения при небрежной заправке, плохой фильтрации и очистке. Этому виду изнашивания подвержены детали кривошипно-шатунного механизма, масляных и топливных насосов и т. д.

*Газоабразивное* изнашивание вызывается воздействием твердых частиц, увлекаемых потоком воздуха или газа. Данный вид изнашивания наблюдается в воздушных фильтрах.

*Эрозионное* изнашивание деталей происходит в результате трения потока жидкости о металл. В большинстве случаев оно проявляется совместно с гидроабразивным изнашиванием. Поток жидкости разрушает постоянно образующуюся оксидную пленку металла, а абразивные частицы в потоке способствуют более интенсивному изнашиванию деталей.

*Усталостное* изнашивание возникает под действием больших удельных повторно-переменных нагрузок, превышающих предел текучести металла, в результате чего образуются микропластические деформации сжатия и упрочнения поверхностных слоев. Микро- и макротрещины по мере работы развиваются и приводят к усталостному отслаиванию частиц металла. На контактных поверхностях образуются одиночные и групповые осповидные углубления и впадины. Глубина впадин зависит от свойств металла, удельных давлений и размера контактных поверхностей. После заметного появления усталостного износа быстро наступает аварийное состояние. Усталостному изнашиванию подвержены преимущественно поверхности трения-качения подшипников, зубьев шестерен и звездочек. Нарушение межосевого расстояния и соосности вызывает повышенные удельные давления и повышенный усталостный износ деталей.

*Кавитационное* изнашивание деталей объясняется появлением на поверхности металла гидравлических микроударов, образующихся при относительном перемещении жидкости и твердых тел. Этому виду изнашивания подвержены поверхности цилиндров и водяных рубашек современных двигателей, охлаждаемых турбулентным потоком жидкости, лопасти водяных насосов и другие детали.

**Молекулярно-механическое изнашивание.** Вызывается одновременным воздействием механических и молекулярных или атомарных сил. В результате схватывания поверхностей в месте контакта происходит глубинное вырывание материала, поэтому его называют изнашиванием при заедании. Этот вид изнашивания разделяют на изнашивание схватыванием первого и второго рода.

*Изнашивание схватыванием первого рода* возникает при трении поверхностей с малыми скоростями (1,0 м/с), отсутствии смазки и при больших нагрузках в местах контакта поверхностей. Под действием большой нагрузки между отдельными выступами трущихся поверхностей возникают металлические связи и упрочнение в месте схватывания. При перемещении происходит вырывание стружки из менее твердой поверхности или царапание ее упрочненным участком. Изнашивание схватыванием первого рода сопровождается наиболее высоким коэффициентом трения, выделением большого количества тепла и наибольшей интенсивностью изнашивания.

*Изнашивание схватыванием второго рода* наблюдается при трении скольжения с большими скоростями, недостаточной смазке и со значительными удельными нагрузками. Оно также характеризуется интенсивным повышением температуры в поверхностных слоях и увеличением их пластичности.

**Коррозионно-механическое изнашивание.** Происходит при трении поверхностей, непрерывно вступающих в химическое взаимодействие с окружающей средой. Это изнашивание разделяют на окислительное изнашивание и изнашивание при фреттинг-коррозии.

*Окислительное изнашивание* характеризуется протеканием одновременно двух процессов – пластической деформацией малых объемов металла поверхностных слоев и проникновением кислорода воздуха в деформированные слои. В первой стадии окислительного изнашивания происходит разрушение и удаление мельчайших твердых частиц металла из непрерывно образующихся (от проникновения кислорода) пленок. Для второй стадии характерно образование и выкрашивание пластически недеформирующихся хрупких оксидов. Окислительное изнашивание возникает при трении скольжения

и трении качения. При трении скольжения оно становится ведущим, а при трении качения сопутствующим другим видам изнашивания. Проявляется этот вид изнашивания при сравнительно невысоких скоростях скольжения и небольших удельных нагрузках, а также на таких деталях, как шейки колеччатых валов, цилиндры, поршневые пальцы и др.

*Изнашивание при фреттинг-коррозии* возникает от трения скольжения с очень малыми возвратно-поступательными перемещениями в условиях динамической нагрузки. При ударах и вибрации происходит интенсивное окисление соприкасающихся поверхностей вследствие резкой активизации пластически деформируемого металла. В результате на рабочих поверхностях в местах контакта появляется резко выраженное разрушение. Изнашиванию при фреттинг-коррозии подвергаются посадочные поверхности подшипников качения и шестерен, болтовые, заклепочные соединения и другие детали.

*Самые эффективные способы борьбы с механическим износом:* повышение твердости и улучшение качества обработки трущихся поверхностей; тщательная герметизация всех уплотнительных устройств при ремонте; очистка топлива и смазки от механических примесей в процессе эксплуатации и поддержание в исправном состоянии уплотнительных (сальники, прокладки) и очистительных (топливные, масляные, воздушные фильтры) устройств, а также правильный монтаж подшипников и зубчатых передач.

*Эффективные меры, снижающие появление молекулярно-механического износа,* предусматривают достижение высокого класса шероховатости и правильной геометрической формы при обработке поверхностей, получение защитных оксидных пленок, улучшение условий смазки, соблюдение (в начальный период работы после изготовления или ремонта) режимов обкатки, а также недопущение перегрузок в процессе всего периода эксплуатации.

Наибольшему *коррозионно-механическому изнашиванию* подвержены мягкие стали, поэтому эффективным способом уменьшения этого изнашивания является повышение твердости рабочих поверхностей закалкой, нанесением твердых сплавов, хромированием и др.

К мероприятиям, снижающим износ механизмов в целом, можно также отнести своевременную замену изношенных отдельных деталей, использование оборудования только по назначению и в соответствии с техническими параметрами.

### **6.3. ПОДГОТОВКА БЕНЗОПИЛ К РАБОТЕ**

Бензопила – сложный по конструкции и травмоопасный инструмент. Чтобы работа с бензопилой была безопасной и приносила удовлетворение, необходимо строго соблюдать основные требования и использовать полезные советы по ее эксплуатации.

Внешний вид бензопилы и размещение элементов управления могут различаться в зависимости от фирмы-производителя и модели. Поэтому в данном разделе приведены обобщенные рекомендации по эксплуатации бензопил. Перед началом использования конкретной бензопилы необходимо внимательно ознакомиться с инструкцией по ее эксплуатации.

Чтобы стать профессиональным мотористом, необходимо пройти специальный курс обучения по безопасному использованию бензопил на разных видах лесозаготовительных работ.

Во время эксплуатации бензопилы рекомендуется применять направляющие шины, пильные цепи, цепные звездочки, топливо и смазочные материалы, поставляемые и рекомендуемые исключительно для определенного типа моторной пилы. Эти комплектующие и материалы по своим свойствам оптимально согласованы с бензопилой и требованиями пользователя (производительность резания, вибрация, склонность к отдаче). Не допускается вносить какие-либо изменения в конструкцию мотоустройства. Это может привести к снижению безопасности работы и отрицательному воздействию на мотопилу.

После приобретения бензопилы для того, чтобы убедиться в ее работоспособности, нет необходимости сразу дергать за стартер и заводить ее. Сначала следует выполнить несколько подготовительных операций.

В соответствии с инструкцией по эксплуатации снимают крышку, закрывающую ведущую звездочку. Устанавливают пильную гарнитуру, т. е. шину и цепь. Следят, чтобы

направляющие зубцы пильной цепи попали в канавки и на звездочку шины, затем устанавливают шину на бензопилу таким образом, чтобы режущие зубцы цепи были направлены по ходу резания и при работе обеспечивали процесс пиления древесины, а направляющие зубцы пильной цепи полностью вошли в зацепление с приводной звездочкой.

Устанавливают защитную крышку и регулируют при помощи натяжного механизма натяжение цепи на направляющей шине. Цепь считается натянутой, если при ее оттягивании от шины нет зазора между направляющей шиной и пильной цепью. При правильном натяжении примерно треть хвостовика цепи остается в пазу шины. После натяжения цепи закрывают защитную крышку.

Приготавливают топливную смесь. При этом используют только фирменные масла. Марки масла, которые можно применять для приготовления топливной смеси, указаны в инструкции по эксплуатации. Запрещается использовать двухтактные масла для низкооборотистых двигателей (мотопеды, мотоциклы, снегоходы) и двухтактных двигателей с водяным охлаждением. Важно строго соблюдать необходимые пропорции масла и бензина. Нельзя применять этилированный бензин. Октановое число используемого бензина должно быть не ниже 90. Готовая топливная смесь должна храниться не более 1,5 месяца, так как смесь окисляется и становится непригодной к применению.

В пригодную для хранения топлива канистру сначала заливают моторное масло, затем бензин и тщательно перемешивают. Нельзя использовать пластмассовые небензостойкие канистры.

Перед заправкой бензопилы топливом следует очистить резиновую пробку наливной горловины топливного бака и окружающие бак, с тем чтобы в бак не попала какая-либо грязь.

Заправку топливом необходимо производить только в хорошо проветриваемых местах. При заправке бензопилы следят за тем, чтобы топливо не проливалось. Не стоит заполнять топливный бак до краев. Если топливо было пролито на бензопилу, ее нужно тщательно очистить. Необходимо следить за тем, чтобы топливо не попало на одежду.

Заправляя бензопилу топливом, всегда проверяют наличие масла в маслобаке. Оба бака должны заправляться одновременно.

После заправки бензопилы топливом и маслом особое внимание обращают на герметичность баков.

Перед началом эксплуатации любой бензопилы требуется ее предварительная *обкатка*. Она необходима, с одной стороны, для продления службы бензинового двигателя, так как во время фазы обкатки подвижные детали должны сначала приработаться друг к другу, с другой – во время обкатки можно приобрести необходимые навыки работы с бензопилой. Это особенно важно для тех, кто работает с бензопилой впервые.

Обкатку бензопилы следует производить с минимальными нагрузками на двигатель в циклическом режиме работы (пиление 1,0–1,5 мин, затем холостой ход 15–20 с). Максимальную мощность двигатель приобретает после выработки 8–10 полных заправок топливного бака.

Не рекомендуется обкатывать двигатель на холостых оборотах, так как образование большого количества нагара приводит к залеганию поршневых колец или выходу из строя свечи зажигания.

#### **6.4. ОБЩИЕ ПРАВИЛА РАБОТЫ С БЕНЗОПИЛОЙ**

Во время работы бензопилой при возникновении какой-либо опасности или в аварийной ситуации необходимо немедленно выключить двигатель.

При работе бензопилы, как только двигатель запустится, выделяются ядовитые отработавшие газы. Эти газы могут быть без запаха и невидимыми. Поэтому нельзя работать бензопилой в закрытых или плохо проветриваемых помещениях. При работе в канавах, впадинах или в стесненных условиях обязательно должен быть достаточный воздухообмен, чтобы не возникла опасность для здоровья вследствие отравления.

При пользовании мотоустройством могут образовываться древесная пыль, бензиновые и масляные испарения, дым, содержащие химические вещества. Эти вещества могут явиться причиной заболеваний, например, дыхательных путей. Для

уменьшения вредного воздействия химических веществ необходимо содержать инструмент в исправном состоянии. Особое внимание следует обращать на герметичность топливной системы, своевременно очищать бензопилу от различных загрязнений.

Запрещается курить при работе бензопилой или вблизи работающей бензопилы, так как с топливной системы могут улетучиваться бензиновые пары.

Необходимо следить, чтобы легковоспламеняющиеся материалы (щепки, кора, сухая трава, топливо) не соприкасались с бензопилой. Так, от горячего потока отработавших газов и от поверхности горячего шумоглушителя может возникнуть опасность пожара.

Целесообразно выбирать режим работы бензопилы с наименьшим выделением шума и отработавших газов. Не следует оставлять работающий двигатель без надобности, полную нагрузку двигателя необходимо использовать только при пилении.

Запрещается работать с бензопилой в одиночку. Обязательно нужно соблюдать расстояние слышимости другими лицами, которые могут оказать помощь в случае опасности.

Для снижения действия отрицательных факторов на тело моториста необходимо делать своевременные перерывы в работе.

При работе бензопилу следует удерживать всегда обеими руками: правая рука на задней ручке, левая – на передней. Для надежного ведения бензопилы рукоятки плотно обхватываются большим пальцем.

Во время работы необходимо занимать надежное и устойчивое положение. Для устойчивости пилы во время работы используют зубчатый упор.

Чтобы не подвергать опасности себя и других лиц, работу бензопилой выполняют только при хорошей освещенности и видимости.

Пилить необходимо только дерево или деревянные предметы и во время работы следить за тем, чтобы при пилении бензопила не соприкасалась с какими-либо посторонними предметами (камни, гвозди и т. п.), которые могут отбрасы-

ваться с силой в сторону и повредить бензопилу или нанести травму работающему.

При пилении необходимо стоять вне режущей плоскости цепи и шины, чтобы максимально обезопасить себя в случае разрыва цепи, отброса пилы при обратном ударе и потери контроля над ней.

Мотопилу вытягивают из пропила только при движущейся пильной цепи.

При работе на высоте рекомендуется пользоваться подъемной платформой. Запрещается работа на лестнице, на дереве, на неустойчивых местах, на высоте выше уровня плеча, одной рукой.

Соблюдение этих простых правил позволит безопасно и качественно выполнять работу бензопилой.

#### 6.5. ПРОБЛЕМЫ «ОБРАТНОГО УДАРА»

Самым опасным моментом в процессе эксплуатации пилы является так называемый «обратный удар» или «отдача» – резкий отброс инструмента в сторону оператора. Отдача может возникнуть, если:

- пильная цепь в зоне вокруг верхней четверти вершины шины случайно наталкивается на дерево или другой твердый предмет (рис. 6.1);
- пильная цепь у вершины шины защемляется коротко в резе;
- при обрезке сучьев пила случайно соприкасается с другим сучком.

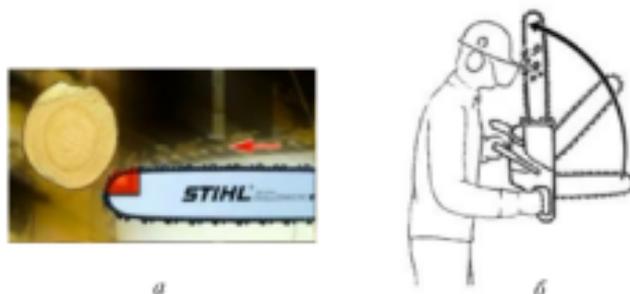


Рис. 6.1. «Обратный удар»: а – зона возникновения обратного удара; б – направление отброса пилы при «обратном ударе»

Опасность отдачи можно снизить следующим образом:  
– пилу удерживать прочно обеими руками и надежной хваткой;

– пилить только при полной подаче топлива;  
– наблюдать постоянно за вершиной шины;  
– не пилить вершиной шины;  
– соблюдать осторожность в случае небольших крепких сучьев, низкой поросли и отростков – пильная цепь может запутаться в них;

– никогда не срезать более одного сука за один раз;  
– при работе не наклоняться сильно вперед;  
– не пилить на высоте выше уровня плеча;  
– шину вставлять в начатый распил очень осторожно;  
– «врезание» производить только при наличии навыка в работе подобным образом;

– обратить внимание на положение ствола и на усилия, которые закрывают шель реза и могли бы защемить пильную цепь;

– работать только с правильно заточенной и натянутой пильной цепью.

Снижению отдачи способствует конструкция некоторых элементов пильной цепи, а именно скошенный ограничитель пропила. Благодаря ему цепь движется мягче, дерево более плавно соскальзывает с режущего зуба. Этой же цели служат и специальные амортизационные выступы на ведущих и соединительных звеньях. Еще один эффективный способ – скошенная или завышенная пятка режущего звена. Такая конструкция позволяет пильной цепи слегка просесть в момент удара режущего зуба о древесину, и звено не сразу бьет по шине, а сила этого удара заметно снижается. В результате уменьшается не только отдача, но и износ шины и цепи.

Снижают опасность отдачи также правильно заточенная пильная цепь и направляющая шина с небольшим радиусом вершины.

Быстродействующий тормоз пильной цепи снижает в определенных ситуациях опасность травмы, однако отдачи как таковой избежать нельзя.

### 6.6. ЗАПУСК БЕНЗОПИЛЫ

Перед запуском бензопилы необходимо убедиться, что она находится в рабочем состоянии. Особое внимание следует обратить на работоспособность тормоза пильной цепи, правильный монтаж направляющей шины, правильное натяжение пильной цепи. Ручки должны быть чистыми и сухими.

Запуск двигателя следует производить на расстоянии не менее 3 м от места заправки топливом и в незакрытых помещениях. Мотопила обслуживается только одним лицом, нахождение посторонних лиц в рабочей зоне не разрешается.

Рассмотрим порядок запуска бензопилы в виде последовательных шагов на примере бензопил фирмы Stihl.

*Шаг 1.* Активируют цепной тормоз. Для этого отжимают цепной тормоз вперед (рис. 6.2).

*Шаг 2.* Обязательно снимают защиту шины (рис. 6.3).



Рис. 6.2. Активация цепного тормоза



Рис. 6.3. Снятие защитного чехла

*Шаг 3.* Если бензопила оснащена декомпрессионным клапаном, нажимают на него. Это облегчит процесс запуска бензопилы (рис. 6.4).

*Шаг 4.* Если бензопила оснащена топливным насосом, подкачивают бензин в карбюратор. Это облегчит процесс запуска двигателя (рис. 6.5).

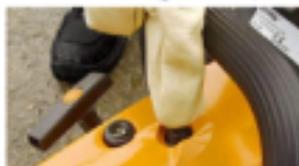


Рис. 6.4. Нажатие на декомпрессионный клапан



Рис. 6.5. Подкачка топлива

**Шаг 5.** Устанавливают комбинированный рычаг в положение холодного запуска. Для этого сначала активизируют блокировку рычага газа и сам рычаг газа (рис. 6.6), а затем переводят комбинированный рычаг до конца вниз (рис. 6.7).



Рис. 6.6. Разблокировка рычага подачи топлива



Рис. 6.7. Перевод комбинированного рычага в положение холодного запуска

**Шаг 6.** Бензопилу устанавливают на ровную поверхность. Режущая гарнитура не должна соприкасаться с поверхностью земли и посторонними предметами (рис. 6.8).

**Шаг 7.** Берутся за лежащую на земле бензопилу руками. При этом левая рука должна располагаться на передней рукоятке, а правая – на стартере. Наступают носком правой ноги на заднюю рукоятку – так обеспечивается устойчивость бензопилы (рис. 6.9).



Рис. 6.8. Установка пилы перед запуском



Рис. 6.9. Удержание пилы перед запуском

**Шаг 8.** Медленно тянут правой рукой пусковой тросик до возникновения ощутимого сопротивления (рис. 6.10). После этого несколько раз с силой тянут тросик так, чтобы двигатель запустился (по возможности тросик тянут строго вверх, чтобы он не терся о корпус вентилятора). Двигатель запускается только на короткое время, а затем снова выключается.

**Шаг 9.** После начального запуска двигателя открывают дроссельную заслонку, переводя комбинированный рычаг вверх на одно положение фиксации – в положение полугаза (рис. 6.11).



Рис. 6.10. Запуск двигателя



Рис. 6.11. Перевод комбинированного рычага в положение полугаза

**Шаг 10.** Повторно тянут за пусковой тросик, чтобы двигатель снова запустился (рис. 6.12).

**Шаг 11.** После того как двигатель запустится и начнет работать, коротко нажимают указательным пальцем на рычаг газа. При этом комбинированный рычаг переместится в положение холостого хода (рис. 6.13).



Рис. 6.12. Повторный запуск бензопилы



Рис. 6.13. Перевод двигателя в положение холостого хода

**Шаг 12.** Медленно поднимают бензопилу с земли, при этом стараясь не касаться рычага газа.

**Шаг 13.** Отпускают цепной тормоз, оттянув рукоятку тормоза на себя. Характерный щелчок означает, что цепь разблокирована и может перемещаться по шине (рис. 6.14).

**Шаг 14.** Перед тем, как приступить к работе, обязательно проверяют систему смазки цепи. Для этого направляют пилу на светлый фон (например, пень или лист бумаги, разложенный на земле) и дают полный газ. Если на светлом фоне

появятся пятна от масла, это означает, что система смазки цепи функционирует нормально и можно начинать работу (рис. 6.15).



Рис. 6.14. Разблокировка цепного тормоза



Рис. 6.15. Проверка подачи масла на шину и цепь

Бензопила готова к эксплуатации.

Для остановки бензопилы переводят комбинированный рычаг в положение «Выключено».

Если двигатель прогретый, то его запуск начинается с установки комбинированного рычага в положение полугаза. После запуска двигателя коротко нажимают указательным пальцем на рычаг газа для перехода в режим холостого хода.

Запуск холодного двигателя с *раздельными органами управления* осуществляется в такой последовательности:

- а) перевести выключатель в положение «Включено»;
- б) вытащить до отказа рычаг воздушной заслонки (воздушная заслонка закрыта полностью);
- в) потянуть несколько раз за рукоятку шнура стартера до первой вспышки топлива в двигателе;
- г) задвинуть рычаг воздушной заслонки (воздушная заслонка открыта, остается включенным положение повышенного холостого хода);
- д) завести двигатель.

После запуска двигателя необходимо немедленно нажать и отпустить рычаг газа — рычаг воздушной заслонки автоматически перейдет в рабочее положение (режим нормального холостого хода).

Запуск прогретого двигателя выполняется при переводе рычага воздушной заслонки в переднее положение (повышенный холостой ход) либо не трогая рычаг вообще. При нахождении рычага воздушной заслонки в положении повышенно-

го холостого хода после запуска двигателя следует нажать и отпустить курок газа.

Остановку двигателя производят переводом выключателя в положение «Выключено».

При запуске двигателя каждый раз обязательно необходимо выбрать свободный ход шнура стартера до соединения заводного механизма с маховиком двигателя. Рукоятку стартера, вытянутую до предела, резко отпускать нельзя, так как возникает опасность повреждения деталей стартерной группы.

### **6.7. ЭКСПЛУАТАЦИЯ И ОБСЛУЖИВАНИЕ ПИЛЬНОЙ ГАРНИТУРЫ**

Пильная гарнитура (цепь, шина и ведущая звездочка) — это расходный материал. Срок годности вышеозначенных деталей во многом зависит от типа работ, которые будут выполнять с их помощью, степени ухода за ними и т. п. Загрязненный распиловочный материал и неаккуратное обращение значительно снижают срок службы. К примеру, если во время работы коснуться кончиком шины земли, то заточка цепи быстро «уходит» — песок, выступающий в роли абразива, в сочетании с высокой скоростью движения очень быстро затупляют ее. Гвоздь в старом бревне, разделяваемом на дрова, или осколок в старых деревьях способны погубить даже новую цепь без надежды на реанимацию. Подобные моменты опасны не только для цепи и пилы, но и для самого моториста.

Если все детали будут вовремя и качественно смазываться, зубцы цепи получать правильную и аккуратную заточку, то одной шины хватит примерно на одну ведущую звездочку и три-четыре цепи. Некоторые фирмы-производители бензопил и пользователи-практики рекомендуют такое соотношение: 4 цепи — 2 звездочки — 1 шина. Причем цепи желательно использовать поочередно: сегодня одну, завтра другую и так по кругу. Тогда шина, звездочка и сами цепи будут изнашиваться равномерно. Если же использовать лишь одну цепь, оставив другие «про запас», то, когда до них дойдет очередь, они будут работать с «проскальзыванием», испытывая дополнительные динамические удары при движении, и выйдут из строя намного быстрее. Произойдет это потому, что ведущая

звездочка изнашивается под конфигурацию хвостовиков первой цепи.

*Направляющая шина* вдоль продольной оси симметрична, поэтому в процессе эксплуатации рекомендуется периодически ее переворачивать. Выполнять эту операцию целесообразно после каждой заточки пильной цепи и после каждой замены цепи во избежание одностороннего износа, особенно в месте поворота и на нижней стороне пильной шины бензопилы.

Регулярно необходимо очищать впускное масляное отверстие, выпускной масляный канал бензопилы и паз направляющей шины.

Замер глубины паза должен производиться мерной линейкой на опилочном калибре на участке с наибольшим износом режущей поверхности. Если глубина паза меньше минимального размера, то направляющую шину необходимо заменить. В противном случае ведущие элементы цепи истираются об основание паза.

В передней части пильной шины иногда располагается *ведомая звездочка*. Если она имеется, то ее нужно смазывать отдельно: масло на нее не попадает. Смазку (обычно твердую, типа солидола) закладывают в специальные отверстия, расположенные на конце шины. Смазку следует производить специальным шприцем. Для смазки ведомой звездочки рекомендуется специальная смазка марки «Oregon».

Если рассматривать эксплуатацию бензопилы по отношению к *ведущей звездочке*, то здесь есть два правильных варианта эксплуатации пары «ведущая звездочка – пильная цепь».

Первый вариант: один к одному. Используется одна цепь до тех пор, пока она не изнашивается, после чего при установке новой цепи меняется и ведущая звездочка. Данный вариант неудобен тем, что при интенсивной работе следить за состоянием одной цепи сложно, ее нужно вовремя править, прерывая при этом работу. Если цепь выработала свой ресурс очень быстро, то можно ставить новую и ничего страшного не произойдет. Однако если цепь отслужила приличное время, она может намотать по шине несколько тысяч километров. Здесь замена звездочки необходима. Что будет, если ее не ме-

нять? Момент первый: новая цепь на изношенной звездочке гарантированно растянется после нескольких оборотов. Второй момент более критичный: шаг цепи и ведущей звездочки будет уже немного отличаться, звенья цепи при работе будут испытывать избыточную нагрузку, что может привести к разрыву цепи.

Второй вариант: два (три) к одному. Использование в ходе работы от двух до трех цепей с последовательным чередованием. Чередование цепей необходимо для равномерного износа как всех трех цепей, так и ведущей звездочки. Этот вариант предпочтительнее, так как он является экономным и не отвлекает от работы на правку цепи.

Еще одна особенность эксплуатации данной части бензопилы – обслуживание подшипника ведущей звездочки. Подшипник звездочки работает только на холостых оборотах, при открытом дросселе барабан крутится с той же скоростью, что и коленчатый вал, и подшипник не работает. Однако определенное количество времени пила работает на холостых оборотах, и тогда в работу включается подшипник. Подшипник нужно периодически смазывать. Для этого подойдет смазка для ведомой звездочки шины.

При наступлении момента смены ведущей звездочки и пильных цепей, выработавших свой ресурс, заменяют и подшипник звездочки. Обычно для таких случаев продается ремонтный комплект – ведущая звездочка и подшипник в одной упаковке (рис. 6.16).



Рис. 6.16. Пример ремонтного комплекта:  
ведущая звездочка и подшипник

При выборе ведущей звездочки необходимо в точности соблюсти параметры звездочки, которую планируется заменить, или руководствоваться рекомендациями производителя.

ля, если стоит задача по модернизации пилы. При замене ведущей звездочки с шагом, отличным от ранее установленного (в инструкции по эксплуатации на такую замену производитель пилы должен указать), необходимо учитывать тип шины, поскольку на шине находится ведомая звездочка. Ведущая и ведомая звездочки должны иметь одинаковый шаг, в противном случае установка пильной цепи будет невозможна.

*Обкатка новой цепи* – это рекомендованная специалистами последовательность действий, обеспечивающая ей долгую «трудовую» жизнь. Первый вариант: замачивание цепи в масле в течение нескольких часов. Смысл мероприятия: смазка успеет затечь во все мелкие щели, надежно пропитать детали и трущиеся соединения. Второй вариант: установка цепи на шину и кратковременная прогонка на холостых оборотах. Остановив после этого двигатель, нужно проверить натяжение цепи и при необходимости подтянуть ее, предварительно остудив. И уже после этого, проведя несколько пропилов с минимальным нажимом на шину и перепроверив натяжку цепи, приступать непосредственно к работе.

*Натяжка цепи* – очень важная операция. Цепь, натянутая недостаточно, будет болтаться и может соскочить с шины или даже разорваться. Перетяжка цепи – это чрезмерный износ и повышенные нагрузки на двигатель. Кроме того, конструкция практически всех пил такова, что натяжка цепи дополнительно укрепляет и шину – в «расслабленном» состоянии шина свободно ходит влево-вправо. Для проверки натяжения цепи необходимо в верхней части шины, примерно в середине или чуть ближе к кончику, взять цепь за зубец и потянуть вверх. При правильном натяжении примерно треть хвостовика остается в пазу шины. Если больше, цепь перетянута, меньше – недотянута. При этом сама цепь должна свободно перемещаться рукой.

Производить операцию по натяжению цепи бензопилы рекомендуется только тогда, когда она холодная.

По окончании работы пильную цепь необходимо снова ослабить. При охлаждении она сжимается и может повредить коленчатый вал и подшипники.

*Смазка цепи и шины* – необходимое условие для их продолжительной работы. В конструкции цепных пил предусмотрен насос, подающий масло из бака к режущей системе через специальные отверстия. Дальше его распределяет сама цепь. Хвостовики, проходя ведущую звездочку, «захватывают» смазку и «растаскивают» ее по всей шине и цепи. Нижнюю часть хвостовиков выполняют в виде крючка, чтобы они захватывали побольше смазки и меньше ее теряли. Для дополнительного удержания смазки в хвостовиках высверливают специальные отверстия или фрезеруют каналы. В системе смазки иногда задействуют и соединительные звенья: в них делают дополнительные углубления для смазки.

Обильная смазка снижает трение и нагрев, тем самым не только увеличивая ресурс работы каждого элемента, но и снижая растяжение цепи. Процесс смазки контролируется достаточно просто: при разгоне цепи микроскопические капли масла (если оно подается в достатке) образуют масляный след в виде полосы на любой светлой поверхности (например, на стволе дерева или пне), если поднести к ним конец шины. Отсутствие следа – тревожный сигнал, указывающий на отсутствие смазки и требующий немедленного решения проблемы (проверки наличия масла, чистки паза шины, регулировки насоса и т. д.). Следует отметить еще один важный момент: современные бензопилы допускают установку цепей и шин различной длины, но прежде чем задействовать новую, более длинную пыльную гарнитуру, необходимо убедиться, что масляный насос справится с ее смазкой.

Компания-производитель выполняет предварительную растяжку своих цепей при изготовлении, поэтому во время работы бензопил цепи должны растягиваться очень медленно. Чтобы еще больше замедлить этот процесс, необходимо придерживаться следующих правил:

- нельзя устанавливать новую цепь на изношенную направляющую шину бензопилы, изношенную ведущую звездочку;
- нельзя работать ослабленной пыльной цепью;
- для смазки цепи бензопилы использовать только чистое масло, а не «отработку»;

- не допускать попадание земли в цепь;
- регулярно прочищать масляные каналы в направляющей шине для наилучшей циркуляции масла.

### 6.8. ЗАТОЧКА ПИЛЬНОЙ ЦЕПИ

Заточка цепи требует соблюдения двух правил. Во-первых, следует контролировать остроту углов режущего звена, высоту ограничителя пропила и соответствие этих параметров изначально заданным на заводе. Во-вторых, четко контролировать идентичность габаритов всех режущих звеньев одной цепи.

Несоблюдение этих правил приведет к тому, что если на всех режущих элементах углы будут одинаковые, но неправильные, бензопила будет выдавать заниженную производительность или усиленную вибрацию и нагрузку на двигатель. При различных углах заточки из-за неравномерной нагрузки на режущие элементы усиливается вибрация двигателя, возрастает вероятность разрыва цепи и преждевременный выход ее из строя.

Поэтому все зубья цепи должны быть заточены равномерно и под одними и теми же изначально заданными углами. Тогда цепь прослужит максимально долго и эффективно. Это не слишком сложная задача. Специальные приспособления для заточки цепи позволяют, не прибегая к точным измерительным приборам, выдерживать заданные параметры.

Перед началом заточки цепь осматривают на наличие малейших трещин, потертостей и побитостей, способных привести к ее разрыву. Если цепь рвется в процессе работы, она соскальзывает с шины и на большой скорости отлетает вниз, под ноги мотористу. Во избежание несчастных случаев на всех пилах устанавливают улавливатели цепи. Тем не менее своевременное обнаружение повреждений цепи значительно уменьшает риск ее разрыва.

Необходимо знать, что любая новая цепь – всего лишь штамповка, и, подточив ее, можно повысить производительность почти на четверть. Кроме того, у новых цепей высота ограничителя пропила, а фактически толщина получаемой стружки, автоматически настроена на минимальное значение, т. е. для работы в суровых условиях (зима, мерзлая и

твердая древесина и др.). И если пиление производится летом, а объект, например, растущая или свежесрубленная сосна, то следует подправить ограничитель (применив специальный шаблон) для ускорения работы.

Прежде чем изложить правила заточки цепей, ознакомимся с инструментами для ухода за пильными цепями.



Рис. 6.17. Напильники

*Напильники* для заточки пильных цепей бывают круглые и плоские (рис. 6.17). Первые необходимы непосредственно для правки режущих углов верхних и боковых граней. К помощи вторых прибегают, если надо подправить ограничитель пропила.

Напильники подбирают индивидуально для каждой цепи, ориентируясь на ее шаг. Напри-

мер, низкопрофильные цепи с наиболее распространенным шагом  $3/8$  подтачивают инструментом, диаметр которого не превышает 4 мм. Подтачивая звено, необходимо следить, чтобы примерно пятая часть напильника выступала над режущей кромкой.

Круглые напильники нередко оборудуют державками, файлами, оправками, калибрами – тонкими металлическими пластинами с выгравированными прямыми линиями, упрощающими отслеживание углов. Мотористу только остается следить, чтобы шина располагалась строго параллельно нужной полоске. Обязательное требование при заточке: напильник нужно двигать в одну сторону, с одинаковым количеством движений на каждый зубец – это обеспечит равномерное стачивание элементов цепи.

На каждые две-три заточки зуба подтачивают и ограничитель пропила, так как разница по высоте между ним и верхней режущей кромкой должна оставаться неизменной. Для контроля этого параметра предусмотрен специальный калибр – металлическая пластинка с прорезью. Его устанавливают на режущий зубец и плоским напильником стачивают «выглядывающий» из прорези ограничитель до уровня калибра.

На режущие зубья и на ограничитель пропила нанесены риски, показывающие, до какой степени их можно стачивать. Как только длина верхней грани зубца сравнялась с риской, цепь выработала свой ресурс и требует замены. Напильники со временем тоже выходят из строя, засаливаются.

Производители нередко объединяют круглый и плоский напильники и калибры в так называемые заточные наборы, подобранные к какому-то определенному типу цепи. Иногда, помимо двух напильников и калибра, они содержат еще какие-либо вспомогательные приспособления. Например, фирма Oregon «разнообразила» свой комплект очистителем для паза шины – своеобразным металлическим крючком для извлечения из шины опилок.

Наборы напильников различной конфигурации, рукоятки для них и калибры встречаются в ассортименте таких производителей, как Bahco, Husqvarna, Oregon, Stihl и др.

*Калибры* производят не только как дополнение к напильникам. Их можно приобрести и отдельно. Например, в ассортименте приспособлений фирмы Stihl имеется очень интересное устройство – «псевдоквадратная пластинка», помогающая определить шаг пильной цепи и цепной звездочки, толщину ведущих звеньев и ширину паза направляющей шины (рис. 6.18).



Рис. 6.18. Калибры для обслуживания пильных цепей

В ассортименте фирмы Oregon есть направляющая пластинка. Она, как и калибр, помогает отслеживать углы при ручной заточке. Кусок пластика с нанесенными под определенными углами прямыми линиями крепится магнитами к шине пилы.

Фирмой Carlton разработан специальный прибор (File-O-Plate), позволяющий контролировать правильность соблюдения заточных углов и высоту ограничителя пропила. Вы-

полненное из закаленной стали устройство используют для профилактики обратного наклона и серповидного края реза. При установке на пильную цепь оно позволяет заметить малейшие отклонения от нормы и подправить их с помощью напильника. Причем устройство, как и любые другие направляющие пластинки, не позволяет напильнику отклоняться от нужного направления, обеспечивая правильный угол заточки для всех зубцов.



Рис. 6.19. Струбцины

Чтобы с помощью напильника подточить цепь, снимать ее вовсе не обязательно, лучше надежно зафиксировать вместе с шиной. Для этого можно использовать специальные *струбцины* (рис. 6.19). Подходящие имеются в ассортименте фирм Stihl и Oregon. Они снабжены острыми ножками, позволяющими забить их в любой подходящий пень.

Ручные заточные станки служат для той же цели, что и напильники, но к их помощи обычно прибегают при сильном износе цепи или при больших объемах заточных работ.

Ручные станки приспособлены под установку непосредственно на направляющую шину (рис. 6.20). Их основная обязанность — обеспечить движению напильника нужное направление и исключить вероятность отклонения. По сути, они выполняют ту же роль, что и калибры, однако их точность значительно выше.

Ручные станки приспособлены под установку непосредственно на направляющую шину (рис. 6.20). Их основная обязанность — обеспечить движению напильника нужное направление и исключить вероятность отклонения. По сути, они выполняют ту же роль, что и калибры, однако их точность значительно выше.



Рис. 6.20. Ручной заточный станок

Электрические заточные станки требуют стационарного рабочего места и обеспечивают качественную заточку всех элементов цепи (рис. 6.21). К примеру, заточный станок Oregon 32653A подходит к любым цепям любого производителя, главное – установить точильный диск соответствующего размера. С помощью специальных шкал диск и затачиваемую цепь устанавливают под нужным углом.

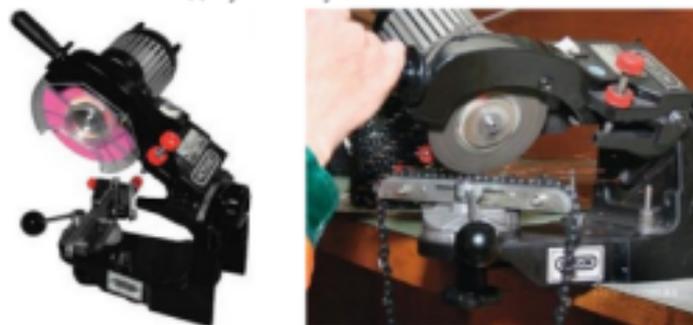


Рис. 6.21. Электрический заточный станок

Существует несколько модификаций данного станка. В модели Oregon 106540 имеется гидросистема, обеспечивающая автоматический зажим тисков при опускании диска на зуб цепи и в процессе заточки каждого зуба. Для работы станка Oregon 106360 требуется источник сжатого воздуха на 6–8 бар, но производительность у него гораздо выше.

Фирма Stihl также выпустила электрический станок для заточки любых цепей Stihl. При наличии дополнительного оборудования станок подойдет для обслуживания режущих систем самых разных устройств – мотокос, мотоножниц, курторезов.

Подобные электрические станки имеются и в ассортименте фирмы Alrpa.

Из-за одного или даже нескольких поврежденных звеньев выбрасывать всю цепь нелогично, так как можно заменить эти элементы. Для таких целей служат *заклепочные и расклепочные станки* с расходным материалом в виде заклепок соответствующего диаметра (рис. 6.22). Их используют не только

при ремонте, но и при сборке цепей (пильные цепи продают как готовыми, так и любой длины из бухт).



Рис. 6.22. Заклепочный станок

Точить цепь бензопилы следует как можно чаще. Чем острее пильная цепь, тем меньше нагрузка на саму цепь, направляющую шину, ведущую звездочку, двигатель и на руки человека, который работает бензопилой.

*Правила заточки* примерно одинаковые для всех типов пильных цепей и заключаются в следующем:

- держать напильник необходимо под правильным углом (рис. 6.23);
- линия корректировки угла заточки верхней грани, нанесенная на обойму напильника, должна быть параллельна цепи (рис. 6.24);

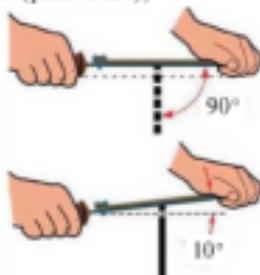


Рис. 6.23. Удержание напильника при заточке



Рис. 6.24. Направление движения напильника при заточке

- напильник должен выступать над верхней гранью на  $1/5$  своего диаметра (рис. 6.25);

– периодически необходимо стачивать ограничитель пропила, чтобы глубина резания оставалась неизменной (рис. 6.26).



Рис. 6.25. Расположение напильника при заточке верхней грани



Рис. 6.26. Стачивание ограничителя пропила

### 6.9. УХОД ЗА ВОЗДУШНЫМ ФИЛЬТРОМ

При работе бензопилы образуется много стружки и опилок, что приводит к постепенному забиванию воздушного фильтра. В разных бензопилах применяются различные по форме и применяемому фильтрующему материалу воздушные фильтры (рис. 6.27).



Рис. 6.27. Воздушные фильтры бензопил

Однако правила эксплуатации и ухода за ними сходные. Фильтр бензопилы необходимо очищать после каждого ее использования. Эту операцию можно производить двумя способами в зависимости от степени загрязнения. Если загрязнение воздушного фильтра слабое, можно применить механический

способ, т. е. продуть или прохлопать фильтр. Если же фильтр бензопилы получил сильное загрязнение, его необходимо промыть.

Промывать фильтры с нейлоновой сеткой рекомендуется в теплой мыльной воде, используя мягкую щетку, с последующим ополаскиванием и сушкой. Поролоновые фильтры промывают в керосине, после чего отжимают, сушат и смазывают по краям смазкой типа литол-24. Фильтры в виде бархатной сетки (повышенная защита от пыли) промываются в теплой воде. Нельзя промывать фильтр бензином и ацетоном, а также другими агрессивными жидкостями.

Запрещается работать бензопилой без фильтра, с поврежденным и сильно изношенным фильтром.

Недопустимо заменять диффузионный поролоновый фильтр на поролоновую губку, так как пропускная способность данного фильтра в несколько раз больше обычного поролон. При замене стандартных воздушных фильтров на самодельные нарушается расчетная подача воздуха, что может привести к обеднению топливной смеси и повышенному износу поршневой группы бензопилы.

Если бензопила не развивает полную мощность, но при этом значительно увеличивается расход топлива, в первую очередь рекомендуется проверить состояние воздушного фильтра и при необходимости промыть его или заменить.

### **6.10. УХОД ЗА СВЕЧОЙ ЗАЖИГАНИЯ**

Свеча зажигания работает в самых экстремальных условиях, которые только могут быть. Она поочередно находится то в эпицентре взрыва раскаленных газов с температурой до нескольких тысяч градусов, то принимает на себя порцию рабочей смеси, которая только недавно образовалась из атмосферного воздуха (при температуре окружающей среды) и паров бензина. Все это повторяется десятки раз каждую секунду в течение многих часов.

Главной задачей всей конструкции свечи является создание зазора, через который периодически пропускается мощный электрический заряд под напряжением 20—30 тысяч вольт, создающий дугу, которая поджигает рабочую смесь. Самые

небольшие отклонения параметров приводят к неустойчивой работе, особенно заметной на холостых оборотах, а иногда и к полной остановке или невозможности завести двигатель. Основной причиной таких отклонений являются накопления продуктов сгорания бензина, забивающие искрообразующий зазор.

Выход из этой противоречивой ситуации найден давно. Свеча сама должна освобождаться от продуктов сгорания: они дожигаются на ее раскаленных поверхностях и выдуваются вихрем горящих газов. Вместе с тем свеча зажигания не должна нагреваться слишком сильно, в таком случае начинается так называемое калильное зажигание и детонация, когда рабочая смесь загорается не от разряда тока в заданный момент времени, а от раскаленных электродов в момент попадания паров в камеру. Последствия этого явления очень негативные, начиная от потери мощности и увеличения выброса всех вредных веществ до возможного разрушения двигателя.

Залог качественной службы свеч зажигания – своевременный уход за ними.

Для правильной работы свечи имеющийся нагар следует аккуратно убрать. Для этого необходимо выкрутить свечу зажигания и оценить цвет и физическое состояние нагара, которые помогут отследить неполадки в системе зажигания. Так, черный влажный нагар указывает на излишний уровень масла в бензине. Черный сухой нагар говорит о недостаточной нагрузке двигателя, а белый сухой нагар свидетельствует о слишком раннем зажигании. В идеале же конус изолятора не должен иметь никакого нагара и обладать цветом от светло-серого до светло-коричневого.

Для удаления нагара лучше всего использовать щеточку со щетинками из тонкой стальной проволоки. Во время очистки свечи ни в коем случае нельзя пользоваться острыми предметами от нагара, так как ими можно повредить поверхность изолятора.

Альтернативу механическому способу очистки составляет химический метод. Суть его состоит в промывании свечи в бензине. После этого ее тщательно высушивают и опускают в горячий 20%-й концентрат уксуснокислого ацетата на полча-

са. Затем свечу вынимают из раствора, очищают при помощи металлической щеточки, тщательно промывают под напором горячей воды и высушивают.

При осмотре свечи необходимо также проверить зазор между электродами при помощи специального щупа и отрегулировать его подгибанием бокового электрода. Идеальное расстояние между электродами должно быть равно 0,6–0,7 мм.

Продлить срок использования свечи можно, соблюдая некоторые меры предосторожности и условия: использовать качественные бензин и масло, следить за исправностью работы системы зажигания, не переусердствовать при вкручивании свечи в двигатель.

Как бы хорошо ни следили за состоянием свечи зажигания, рано или поздно она приходит в негодность. Перед установкой новой свечи зажигания рекомендуется нанести на резьбу антикоррозионную смазку. Во время замены свечи необходимо следить за тем, чтобы загрязнения вокруг свечи не проникли в камеру сгорания.

Использовать следует только свечи, полностью подходящие по параметрам к данной модели бензопилы.

### 6.11. ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ И ХРАНЕНИЕ БЕНЗОПИЛЫ

Транспортирование бензопилы осуществляется при остановленном двигателе. Мотопилу следует переносить только за трубчатую рукоятку (рис. 6.28). Горячий шумоглушитель должен быть направлен в сторону от тела, а пыльная шина направлена назад. Нельзя дотрагиваться до горячих деталей, особенно до поверхности шумоглушителя; можно получить ожог. Пыльную шину необходимо закрывать защитным кожухом.



Рис. 6.28. Переноска бензопилы

При перевозке на транспортных средствах бензопилу необходимо предохранить от опрокидывания, повреждения и вытекания топлива.

При неиспользовании длительное время мотопилу следует очистить и поставить в такое место, где бы она никому не мешала. Перед этим необходимо слить остатки из топливного и масляного баков. Запустить двигатель, тем самым избавившись от остатков смеси в топливном шланге и карбюраторе, – необходимо «сжечь» смесь, пока пила не заглохнет сама.

Снятые цепь и шину лучше хранить завернутыми в тряпочке или бумаге, пропитанной маслом, чтобы избежать коррозии.

#### ***Вопросы для самоконтроля***

1. Объясните, что показывает коэффициент готовности.
2. Расскажите, когда возникает коррозионно-механическое изнашивание.
3. Объясните, для чего нужна обкатка пилы.
4. Расскажите, что используется для устойчивости пилы во время работы.
5. Поясните, в каких случаях возникает «отдача» пилы.
6. Объясните, что нужно сделать для остановки пилы.
7. Расскажите, как производится обкатка новой цепи.
8. Поясните, для чего служат калибры.
9. Расскажите, как производится очистка воздушного фильтра.
10. Объясните, как продлить срок использования свечи зажигания.
11. Расскажите, как производится транспортирование бензопилы.

## **7. ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ И РЕМОНТ БЕНЗОПИЛ**

---

### **7.1. ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ БЕНЗОПИЛ**

Для того чтобы увеличить эксплуатационный срок бензопилы, а также для улучшения качества ее работы, инструмент необходимо подвергать периодическому техническому обслуживанию.

Техническое обслуживание проводится не только ежемесячно или еженедельно. Существуют требования, которые следует выполнять каждый день, а некоторые и несколько раз за рабочую смену.

К регулярным мероприятиям по техническому обслуживанию бензопилы относится очистка цепного тормоза, а также проверка его работы в соответствии с инструкцией по эксплуатации. Также постоянно необходимо проверять улавливатель цепи на отсутствие повреждений.

Постоянно следует обращать внимание на то, чтобы рычаг управления дроссельной заслонкой работал плавно и его нельзя было нажать до того момента, пока не отжата блокировка.

Регулярно необходимо проверять работу стартера, состояние глушителя, ребер цилиндра, прорезей воздухозаборника, чистить или заменять воздушный фильтр и т. д. Обращать внимание на затяжку болтов и гаек, проверять состояние инструмента в целом.

Если обнаружены неисправности, то в обязательном порядке необходимо их устранить.

Примерный перечень работ по техническому обслуживанию бензопил и сроки их проведения приведены в таблице.

## Техническое обслуживание бензопил

| Элемент устройства  | Операция                                       | Перед началом работы | После окончания работы и (или) ежедневно | После каждой заправки | Еженедельно | Ежемесячно | Ежегодно | При неисправности | При повреждении | При необходимости |
|---|--|----------------------|--|-----------------------|-------------|------------|----------|-------------------|-----------------|-------------------|
|   |  | 3                    | 4  | 5                     | 6           | 7          | 8        | 9                 | 10              | 11                |
| 1<br>Устройство в целом   | Визуальный контроль (состояние, герметичность) | •                    |  | •                     |             |            |          |                   |                 |                   |
|   | Очистка  |                      | •  |                       |             |            |          |                   |                 |                   |
| Рычаг управления подачей топлива, клавиша блокировки рычага подачи топлива, комбинированный рычаг | Контроль функционирования                      | •                    |  | •                     |             |            |          |                   |                 |                   |
| Тормоз пильной цепи   | Контроль функционирования                      | •                    |  | •                     |             |            |          |                   |                 |                   |
|   | Контроль специализированным продавцом          |                      |  |                       |             |            |          |                   |                 | •                 |
| Фильтр в топливном баке   | Контроль                                       |                      |  |                       |             | •          |          |                   |                 |                   |

| 1                           | 2                                       | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
|-----------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|
| Фильтр в топливном баке     | Очистка, замена фильтровального патрона |   |   |   |   | * |   | * |    |    |
|                             | Замена                                  |   |   |   |   |   | * |   | *  | *  |
| Топливный бак               | Очистка                                 |   |   |   |   | * |   |   |    |    |
| Масляный бак                | Очистка                                 |   |   |   |   | * |   |   |    |    |
| Система смазки пыльной цепи | Контроль                                | * |   |   |   |   |   |   |    |    |
| Пыльная цепь                | Контроль состояния заточки цепи         | * |   | * |   |   |   |   |    |    |
|                             | Контроль натяжения цепи                 | * |   | * |   |   |   |   |    |    |
|                             | Заточка                                 |   |   |   |   |   |   |   |    | *  |
|                             | Замена                                  |   |   |   |   |   |   |   | *  | *  |
| Направляющая шина           | Контроль (износ, повреждение)           | * |   |   |   |   |   |   |    |    |
|                             | Очистка и поворот на другую сторону     |   |   |   |   |   |   |   |    | *  |
|                             | Очистка от грата                        |   |   |   |   | * |   |   |    |    |
|                             | Замена                                  |   |   |   |   |   |   |   | *  | *  |
| Цепная звездочка            | Контроль                                |   |   |   | * |   |   |   |    |    |
| Воздушный фильтр            | Очистка                                 |   |   |   |   |   |   | * |    | *  |
|                             | Замена                                  |   |   |   |   |   |   |   | *  |    |

Окончание табл.

| 1   | 2                                    | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
|---|--------------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|----|----|
| Антивибрационные элементы                             | Контроль                             | • |   |   |   |   |   | • |    |    |
|   | Замена специализированным продавцом  |   |   |   |   |   |   |   | •  |    |
| Шлифы для всасывания охлаждающего воздуха             | Очистка                              |   | • |   |   |   |   |   |    |    |
| Ребра цилиндра  | Очистка                              |   | • |   |   |   |   |   |    |    |
| Карбюратор  | Контроль холостого хода              | • |   | • |   |   |   |   |    |    |
|   | Регулировка холостого хода           |   |   |   |   |   |   |   |    | •  |
| Свеча зажигания                                       | Регулировка зазора между электродами |   |   |   |   |   |   | • |    |    |
|   | Замена после 100 часов работы        |   |   |   |   |   |   |   |    |    |
| Доступные винты и гайки (кроме регулировочных винтов) | Подтягивание                         |   |   |   |   |   |   |   |    | •  |
| Искрозащитная решетка в шумоглушителе                 | Контроль                             |   |   |   |   |   |   | • |    |    |
|   | Замена                               |   |   |   |   |   |   |   | •  |    |
| Улавливатель пыльной цепи                             | Контроль                             | • |   |   |   |   |   |   |    |    |
|   | Замена                               |   |   |   |   |   |   |   | •  |    |
| Предупреждающие наклейки                              | Замена                               |   |   |   |   |   |   |   | •  |    |

При техническом обслуживании бензопил допускается выполнять только те работы, которые описаны в руководстве по эксплуатации соответствующей модели бензопилы.

## **7.2. РЕМОНТ БЕНЗОПИЛ**

Под *ремонтом* понимают комплекс операций по восстановлению исправности либо работоспособности и восстановлению ресурсов изделий или их составных частей. Для бензопил различают следующие виды ремонта: текущий, плановый и капитальный.

Под *текущим* понимают ремонт, выполняемый для обеспечения или восстановления работоспособности изделия и состоящий в замене и (или) восстановлении отдельных частей.

*Плановый ремонт* подразумевает замену деталей, выработавших свой ресурс.

*Капитальный ремонт* проводят для полного или близкого к полному восстановлению ресурса изделия с заменой или восстановлением любых его частей, включая базовые.

Основными причинами возникновения неисправностей в работе бензопил могут быть износ, коррозия, засорение и деформация.

Наиболее простыми способами устранения неисправностей являются очистка, регулировка, затяжка и замена.

Неисправность бензопилы может быть вызвана многими причинами. Поэтому ремонт должен осуществлять сертифицированный специалист, который квалифицированно выяснит, из-за чего произошла поломка, устранит ее и даст рекомендации по использованию бензоинструмента.

### ***Вопросы для самоконтроля***

1. Перечислите мероприятия, относящиеся к регулярным по техническому обслуживанию бензопил.
2. Расскажите, какие виды ремонта выполняют для бензопил.
3. Назовите основные причины возникновения неисправностей бензопил.
4. Укажите, через какой промежуток времени производится очистка топливного бака бензопил.

## 8. ВАЛОЧНЫЕ ПРИСПОСОБЛЕНИЯ

---

Каждое дерево как предмет труда имеет неповторимые параметры: развитость и асимметричность кроны, диаметр, высоту, наклон ствола, пороки. Чтобы обеспечить безопасность лесосечных работ, валыщик должен производить направленный повал деревьев без больших физических затрат и времени. Для этих целей используются различные валочные приспособления. Выбор их конструкции зависит от крупности спиливаемых деревьев и способа валки (одиночный или двумя рабочими).

Валочные приспособления по месту приложения сталкивающей силы можно подразделить на две группы: с приложением усилия в плоскости спиливания и выше плоскости спиливания. Совершенство сталкивающего приспособления определяется его грузоподъемностью, возможной высотой подъема комля, массой и размерами, а также усилием рабочего.

Основным видом валочных приспособлений являются приспособления с приложением усилия сталкивания в плоскости спиливания: простые *клинья* (из легких сплавов или ударостойкой пластмассы), *валочные лопатки* (ножные и ручные), *валочные рычаги* (рис. 8.1).

Валочные лопатки применяют для сталкивания деревьев небольшого диаметра (не более 0,25 м), клинья и рычаги — деревьев средней крупности (диаметр до 0,6 м).

Валочная лопатка изготавливается из рессорной стали и состоит из рукоятки и собственно лопатки. Она может быть складывающейся, шарнирно сочлененной, иметь на рукоятке удобную пластмассовую ручку. Ее ребра могут быть острыми или зубчатыми. Масса валочной лопатки 2–4 кг, длина 0,5–1,4 м.



Рис. 8.1. Валочные приспособления: а – клинья; б – лопатка с подвижным крюком; в – ножная лопатка; г – большая лопатка; д – рычаг с поворачивающимся крюком

Валочный рычаг – это штамповочно-кованный инструмент из боросодержащей стали с мощным наконечником. Выкован из одного куска стали для обеспечения максимальной прочности. Рукоятка из термоэластопласта гарантирует хороший захват.

Валочные лопатки и рычаги, имеющие захватный крюк, могут использоваться для перемещения или кантовки бревен.

В отдельных случаях, при одиночной валке крупных деревьев, может использоваться гидравлический клин или гидравлический домкрат.

*Гидравлический клин КГМ-1А* (рис. 8.2) приводится в действие от двигателя пилы. Щеки клина вставляют в рез, образованный пилой в дереве.



Рис. 8.2. Общий вид гидравлического клина КГМ-1А

При нагнетании гидравлической смеси в цилиндр поршень вместе с клином выдвигается вперед, разжимает щеки и создает вертикальное сталкивающее усилие на ствол дерева гидравлическим клином. Гидравлический клин имеет грузоподъемность 5 т и может сталкивать в нужном направлении дерева диаметром до 60 см с обратным наклоном до 5°. Масса клина 3,6 кг.

Для сталкивания крупномерных деревьев (диаметром 60–120 см) выпускается *гидравлический домкрат ДГМ-16* грузоподъемностью 14,4 т (рис. 8.3). Для его использования в дереве вырезается специальная ниша. Принцип работы гидравлического домкрата аналогичен работе гидравлического клина. Следует отметить, что оба приспособления работают с бензопилами «Урал» российского производства.



Рис. 8.3. Общий вид гидравлического домкрата ДГМ-16

Облегчить работу по валке крупных деревьев позволяют и *ручные гидравлические клины* различной конструкции (рис. 8.4). Их принцип работы мало чем отличается от работы гидравлического клина с приводом от бензопилы.



Рис. 8.4. Ручные гидравлические клины

Основная работа ручного гидравлического клина рассчитывается на 15 т при подъемной силе 40 кг. Одно из преимуществ ручного гидравлического клина перед приводным

гидравлическим клином состоит в отсутствии вибрации, которая может стать причиной преждевременного слома дерева, что случается при валке сухостоя или подгнившего дерева. Также весомый плюс – работа на склонах с крупными деревьями, которые имеют наклон, противоположный направлению валки.

Ручной гидравлический клин полезен при слабом ветре и его порывах, так как способен более оперативно, равномерно и со значительной силой воздействовать на дерево.

Рекомендуется использовать данное приспособление и при валке аварийных и нежелательных деревьев в санитарной или жилой зоне. Более толстый недопил и сильное воздействие гидравлического клина на дерево позволяют ему упасть в назначенное место.

При валке деревьев двумя рабочими (вальщиком и помощником) применяют валочные вилки, валочные приспособления типа «медведь», телескопические валочные рычаги. В этом случае сталкивающее усилие прилагается выше плоскости спиливания.

*Валочная вилка* представляет собой металлическое основание, надетое на деревянный шест.



Рис. 8.5.  
Валочная  
упорная  
вилка ВУВ

Металлическое основание изготавливается из прочной стали. Предприятие «Спецлесмаш» производит валочные вилки ВУВ (рис. 8.5) со следующими размерами: длина 220 мм, ширина 138 мм, диаметр трубчатой насадки 50 мм. Масса валочной вилки 0,85 кг.

Металлическую часть валочной вилки насаживают на шест из сухой прочной древесины длиной 5–6,5 м, диаметром примерно 5 см в верхнем отрубе и 10 см – в нижнем. Вилку закрепляют на шесте металлическим гвоздем.

Шипы валочной вилки должны быть острыми.

«Медведем» называют вагу-рычаг, изготовленную из подручного материала непосредственно на месте валки. Ее используют для повала крупного дерева, которое физически невозможно столкнуть вилкой одним человеком в нужном направлении (рис. 8.6). Как правило, вагу делают из отрезка

сухостойного хвойного дерева. Длина ваги может колебаться от 2 до 4 м, диаметр 16–20 см. Все зависит от таких обстоятельств, как размер, наклонность ствола дерева и структура кроны. У ваги зарубается комлевая часть для надежного упора в землю и место для упора вилки на горизонтальной поверхности ваги. Вершинная часть ваги играет роль рычага, на которую воздействуют вальщик и его помощник, после того как были произведены соответствующие подпил в дереве и спиливание. Вага в свою очередь воздействует на вилку, а вилка – на ствол дерева. Название «медведь» вага получила за мощное усилие, создаваемое рычагом на дерево.

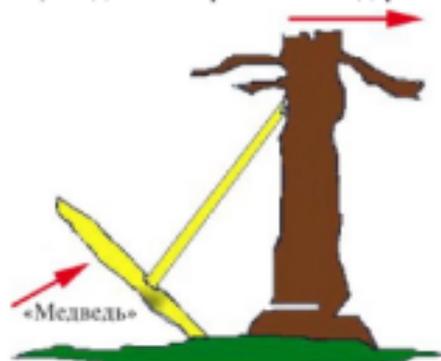


Рис. 8.6. Схема валочного приспособления «медведь»

Для безопасной вырубке больших деревьев возле дорог, вдоль и под линиями электропередачи, в непосредственной близости от домов в России выпускают заводской аналог «медведя» (рис. 8.7, а).



Рис. 8.7. Телескопические рычаги для направленного повала дерева

Приспособление изготовлено из прочной стали, представляет собой круглый шест, из которого при помощи талевой ручки с фиксатором выдвигается дополнительное стальное колено (телескопический принцип) на полметра в длину. Движение осуществляется прочным стальным тросом, который наматывается с помощью рукоятки на барабан. Кривошип может быть освобожден без риска отдачи, даже под нагрузкой. Функция безопасности, состоящая из дисков, противостоит возвратному движению.

На наземной торцовой части устройства имеется зазубренное основание, которое обеспечивает надежный упор в землю. Длина в собранном состоянии 110 см, длина толкания 50 см, создаваемое усилие 29,4 кН, масса 14,5 кг.

Существуют и зарубежные аналоги заводского «медведя». Показанный на рисунке 8.7, *б* валочный рычаг имеет длину в собранном виде 135 см, а длину толкания 270 см.

Применение валочных приспособлений позволяет обеспечить *повал дерева в заданном направлении*.

#### ***Вопросы для самоконтроля***

1. Объясните, для чего применяются валочные приспособления.
2. Назовите валочные приспособления, которые применяются: а) при одиночной валке; б) при валке двумя рабочими.
3. Расскажите, что собой представляет валочное приспособление «медведь».

## **9. ОХРАНА ТРУДА НА ЛЕСОСЕЧНЫХ РАБОТАХ**

---

### **9.1. ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ ОХРАНЫ ТРУДА ВО ВРЕМЯ РАБОТЫ НА ЛЕСОСЕКЕ**

В Республике Беларусь проводится активная государственная политика, направленная на сохранение жизни и здоровья работающих в процессе трудовой деятельности. Создана и развивается нормативная правовая база, регулирующая данную сферу общественных отношений. Законодательно закреплена система государственного управления в области охраны труда, установлена дисциплинарная, административная и уголовная ответственность за несоблюдение требований по охране труда. Осуществляется государственный надзор и общественный контроль за соблюдением законодательства в данной области.

Постановлением Министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь, Министерства лесного хозяйства Республики Беларусь от 30 декабря 2008 г. № 211/39 утверждены Межотраслевые правила по охране труда в лесной, деревообрабатывающей промышленности и в лесном хозяйстве. Они устанавливают требования по охране труда, направленные на обеспечение здоровых и безопасных условий труда работников.

Требования по охране труда, содержащиеся в Межотраслевых правилах, распространяются на всех работодателей независимо от их организационно-правовых форм, осуществляющих виды деятельности, связанные с лесозаготовкой, деревообработкой и лесохозяйственными работами.

На основании Межотраслевых правил разработаны инструкции по охране труда для рабочих, занятых различными видами лесозаготовительной деятельности.

Руководство лесосечными работами осуществляет руководитель работ (мастер).

К выполнению лесосечных работ допускаются лица не моложе 18 лет, прошедшие в установленном порядке медицинские осмотры, обучение безопасным методам и приемам работы, инструктаж, стажировку и проверку знаний по вопросам охраны труда.

На каждую лесосеку до начала разработки в зависимости от конкретных условий рельефа местности, состава насаждения, способа рубки, используемых машин, оборудования и форм организации труда должна быть составлена технологическая карта разработки лесосеки.

Проводить лесосечные работы без технологической карты не допускается.

С утвержденной технологической картой руководитель работ должен ознакомить под подпись всех работников, которым предстоит разрабатывать лесосеку.

Территория в радиусе 50 м от места валки деревьев является опасной зоной. Опасная зона должна быть обозначена знаками безопасности. При высоте деревьев более 25 м радиус опасной зоны равен двойной фактической их высоте.

На пешеходных тропах и дорогах, пересекающих осваиваемую лесосеку, должны быть установлены знаки безопасности и предупреждающие надписи, запрещающие движение людей и транспортных средств по лесосеке.

Лесосечные работы прекращаются во время ливневого дождя, при грозе, сильном снегопаде и густом тумане (видимость менее 50 м). Не допускается осуществлять валку деревьев при скорости ветра свыше 11 м/с.

На территории опасной зоны во время валки деревьев не допускается расчищать снег вокруг деревьев, обрубить сучья, чокеровать, трелевать, сжигать сучья и выполнять другие работы.

## **9.2. ТРЕБОВАНИЯ ОХРАНЫ ТРУДА ПРИ ВАЛКЕ ДЕРЕВЬЕВ**

До начала валки дерева должно быть подготовлено рабочее место:

– вырублен кустарник, мешающий валке (вокруг дерева в радиусе 0,7 м);

- срезаны нижние ветки и сучья на стволе дерева;
- подготовлен путь отхода длиной не менее 4 м под углом 45° в направлении, противоположном падению дерева, а зимой расчищен или утоптан снег вокруг дерева и на пути отхода.

Ширина отходной дорожки после расчистки или утаптывания снега должна быть не менее 0,45 м, глубина оставленного снега по кольцу вокруг дерева на отходной дорожке – не более 0,2 м.

При валке деревьев необходимо:

- использовать валочные приспособления: валочную лопатку, топор с клиньями, а при работе вальщика в паре с лесорубом – валочную вилку;
- при разработке ветровально-буреломных лесосек, горельников и при подготовке лесосеки к рубке работать вдвоем (вальщик с лесорубом с использованием валочной вилки);
- убедиться в отсутствии людей, животных, машин и механизмов в опасной зоне. Валка деревьев при нахождении в опасной зоне людей, животных, машин и механизмов не допускается;
- оценить размеры, форму ствола и кроны, наклон подлежащего валке дерева, направление и силу ветра, убедиться в отсутствии на нем зависших сучьев, которые могут упасть в процессе пиления, и с учетом технологических требований выбрать направление валки;
- подпиливать с той стороны, в которую намечено валить дерево;
- подпиливать прямостоячие деревья на глубину 1/4, а деревья, наклоненные в сторону направления валки, на глубину 1/3 диаметра в месте спиливания;
- выполнять нижнюю плоскость подпила перпендикулярно оси дерева, при этом верхний рез подпила должен образовывать с нижней плоскостью угол 45–60°, а при использовании редукторных пил 30–40° или быть параллельным нижней плоскости подпила и отстоять от нее на расстоянии 1/10 диаметра дерева в месте спиливания с обязательным удалением ломя;

– спиливать дерево перпендикулярно его оси в пределах верхнего реза и выше нижней плоскости подпила не менее чем на 2 см;

– оставлять недопил у здоровых деревьев диаметром до 40 см – 2 см, от 40 до 60 см – 3 см, от 61 и выше – 4 см. У деревьев, имеющих напленную гниль, недопил увеличивается по сравнению со здоровыми на 2 см, у деревьев, имеющих боковой наклон по отношению к направлению валки, недопил должен иметь форму клина, вершина которого обращена в сторону наклона;

– валить деревья с наклоном более 5° в сторону их наклона, за исключением случаев валки деревьев на лесосеках с уклоном более 15°, когда деревья валятся вниз по склону под углом 30–40° к волоку.

Лапы и наплывы со стороны подпила должны опиливаться, и глубина подпила считается без их учета.

При валке деревьев диаметром более 1 м подпил должен выполняться двумя параллельными резами.

Для корпуса редуктора пилы выпиливаются ниши. Во избежание сколов следует применять бандажи. Способы валки крупномерных деревьев применительно к конкретным условиям должны быть указаны в технологической карте.

В начале падения дерева вальщик и лесоруб должны немедленно отойти на безопасное расстояние (не менее 4 м) под углом 45° в направлении, противоположном падению дерева, по заранее подготовленным путям отхода, следя за падающим деревом и сучьями.

Валка деревьев на стену леса не допускается. При начале разработки лесосек, прорубки просек, трасс лесовозных дорог и усов, трелевочных волоков валка деревьев должна производиться в просветы между соседними стоящими деревьями.

Просвет должен быть не менее ширины той части кроны, которая при приземлении спиленного дерева будет падать в этот просвет.

При выборочных и постепенных рубках главного пользования, а также рубках промежуточного пользования валку деревьев необходимо выполнять в просветы между деревьями.

Деревья, мешающие валке и трелевке, следует вырубать для обеспечения безопасности работников, занятых на лесосечных работах.

Деревья в гнездах поросли или сросшиеся у пня валят в сторону их естественного наклона. Каждое дерево должно быть повалено отдельно. Деревья с развилкой ствола валят в одну из сторон перпендикулярно плоскости развилки, чтобы оба ствола при падении ударились о землю одновременно.

Снимать зависшие деревья следует трактором, лебедкой с длиной троса или каната не менее 35 м. Для снятия зависшего дерева трос или канат укрепляются на комлевой части и в зависимости от конкретных условий стаскиваются под углом или вдоль зависшего дерева.

Зависшие деревья *допускается* снимать:

- рычагами (аншлугами) перемещением комля дерева в сторону, при этом все рабочие должны находиться с одной стороны ствола дерева;

- воротом, закрепленным за комель зависшего дерева одним концом каната, и наматыванием другого при помощи рычага на ствол растущего дерева;

- кондаком – вращением зависшего дерева вокруг оси.

*Запрещается:*

- подпиливать деревья с двух сторон и по окружности;
- валить деревья диаметром более 8 см без подпила и без оставления недопила;

- валка деревьев в темное время суток;

- оставлять неприземленными недопиленные, подрубленные или зависшие деревья;

- сбивать подпиленные (подрубленные) или зависшие деревья другим деревом;

- спиливать то дерево, на которое опирается зависшее дерево, или обрубить сучья, на которые оно опирается;

- отпиливать чурки от комля зависшего дерева;

- подрубать корни, комель или пень зависшего дерева;

- снимать трактором зависшее дерево одновременно со сбором пачки деревьев или хлыстов.

### 9.3. ТРЕБОВАНИЯ ОХРАНЫ ТРУДА ПРИ ОБРЕЗКЕ СУЧЬЕВ

Место обрезки (обрубки) сучьев определяется технологической картой с учетом его расположения от места валки леса на расстоянии не менее 50 м или не менее двойной высоты древостоя в случае превышения 50-метровой величины.

Обрубка сучьев должна выполняться в направлении от комля к вершине дерева с пребыванием рабочего с противоположной от обрубаемых сучьев стороны дерева.

Минимальное расстояние между двумя рабочими, выполняющими обрубку сучьев, должно быть не менее 5 м. Не допускается обрубить сучья у одного дерева несколькими рабочими.

Напряженные сучья необходимо обрубить после того, как будет очищена часть ствола от соседних с ними сучьев, с исключением пребывания рабочего со стороны движения освобождающегося от напряжения сучка.

*Не допускается* обрубить и обрезать сучья:

- стоя на поваленном дереве или седлая его;
- у неустойчиво лежащего дерева без принятия мер по его укреплению;
- в процессе перемещения деревьев;
- на деревьях, находящихся на щите трактора;
- на деревьях, сгруппированных в пачки, штабеля.

Перед обружкой сучьев у деревьев, лежащих вдоль склона крутизной 20° и более и поперек склона крутизной 15° и выше, следует принять меры к закреплению деревьев, а выполнение операции осуществлять стоя с нагорной стороны.

В местах концентрированной обрубки или зачистки сучья по мере накопления должны убираться во избежание захламления рабочих мест.

Очистка деревьев от сучьев с использованием пилы в ночное время не допускается.

Во время обрезки сучьев в качестве опоры для пилы и защиты от пилы необходимо использовать ствол обрабатываемого дерева.

Для занятия устойчивого и безопасного положения ступни ног рабочего должны быть поставлены на расстоянии 30–40 см друг от друга и в 10–12 см от дерева при обрезании сучьев верхней и боковых частей ствола.

Нижние сучья, на которые опирается дерево, обрезают с принятием мер, предупреждающих перемещение ствола и его осадку на ноги. При этом ноги должны находиться от ствола на расстоянии 30–40 см.

Спиливание сучьев со стороны рабочего осуществляют верхней ветвью цепи движением пилы от себя.

Напряженные сучья следует срезать за два приема: сначала подрезать напряженные волокна, а затем сук заподлицо со стволом.

Длинные сучья во избежание зажима пильного аппарата необходимо отпиливать на расстоянии 1,0–1,5 м от основания, а потом заподлицо со стволом.

При переходах от дерева к дереву двигатель пилы должен работать на холостых оборотах с включенным тормозом.

*Запрещается:*

- пиление концевой частью пильного аппарата;
- менять положение ног до окончания рабочего цикла при обрезке сучьев, если пильная шина не находится на противоположной стороне ствола дерева, а корпус пилы не опирается о его ствол;
- работать затупившейся пильной цепью;
- выполнять ремонт и заправку бензопилы при работающем двигателе;
- отбрасывать руками сучья во время обрезки;
- использовать массу тела работника для давления на моторный режущий инструмент.

#### **9.4. ТРЕБОВАНИЯ ОХРАНЫ ТРУДА ПРИ РАСКРЯЖЕКЕ ХЛЫСТОВ**

До начала раскряжки хлыстов:

- необходимо подготовить рабочее место (убрать валежник, сучья и тому подобное);
- на склонах крутизной свыше 20° хлысты, подлежащие раскряжке, следует привязывать к пням или закреплять другим способом, исключающим перемещение их по склону.

Раскряжка хлыстов, поваленных вниз или под углом к склону, производится в направлении от вершины к комлю, а разметка – от комля к вершине.

При раскряжевке хлыстов, долготья в условиях лесосеки, ветровально-буреломных деревьев сначала определяют зоны возможного внутреннего напряжения в стволе, и тщательно следят за его реакцией на распил.

При раскряжевке стволов с напряжением по направлению вниз следует начать пиление сверху на глубину, равную 1/3 диаметра ствола, или до начала зажима шины. Затем продолжить пиление снизу, совмещая нижний пропил с верхним.

Стволы с напряжением по направлению вверх сначала необходимо пилить снизу вверх на глубину 1/3 диаметра ствола или до начала зажима шины. Затем продолжить пиление сверху, совмещая верхний пропил с нижним.

При раскряжевке стволов с боковым напряжением необходимо стоять с внутренней стороны изгиба. Пиление ствола следует начинать с внутренней стороны изгиба.

Завалы ветровальных деревьев необходимо разобрать до раскряжевки.

Перед раскряжкой ветровальных деревьев следует укрепить корневую глыбу специальными упорами, а затем отделить ствол от пня. После отделения ствола от корневой глыбы последняя трактором (лебедкой) ставится в вертикальное положение (пнем вверх).

Раскряжевщику на лесосеке *запрещается*:

- нарушать 50-метровую опасную зону валки леса;
- раскряжевывать хлысты на склонах крутизной более 25°;
- раскряжевывать неустойчиво лежащие хлысты;
- раскряжевывать ветровальные деревья, прикрытые другими деревьями или зажатые между ними, а также поваленные с корнем дерева без предварительного упора корневой глыбы;
- пилить стоя на хлысте и хлыстах, лежащих в кучах;
- работать затупившейся пильной цепью и неисправной пилой.

#### **9.5. ТРЕБОВАНИЯ ОХРАНЫ ТРУДА В АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЯХ**

В аварийных ситуациях валка деревьев прекращается:

- при скорости ветра более 11 м/с;

- во время ливневого дождя, при грозе, сильном снегопаде и густом тумане, при видимости менее 50 м;
- при возникновении лесного пожара;
- по предупреждению о возможности стихийного бедствия, радиационной, химической или иной опасности.

Во время грозы следует приостановить работу, укрыться в помещении, а при его отсутствии занять безопасное место на поляне, участке лиственного молодняка, между деревьями, растущими на расстоянии не менее 20 м друг от друга, в холмистой местности – ближе к середине склона, по возможности расположиться на изолирующем материале (сухой валежник, мох, береста). Во время грозы не допускается находиться в движении, на вершине холма, опушке леса, останавливаться у ручьев, рек, озер, прятаться под отдельно стоящими деревьями, камнями, стоять возле и под ЛЭП, у триангуляционных знаков, других вышек, располагаться ближе 10 м от машин и механизмов.

При перегреве двигателя пилы дать возможность охладиться ему в естественных условиях, не применяя для этих целей снег или воду. При зажиме пильной шины в пропиле следует выключить двигатель и извлечь шину, соблюдая меры предосторожности. При неисправности бензопилы прекратить работу до устранения неполадок.

При возгорании леса принять меры к тушению пожара собственными силами. При невозможности потушить пожар сообщить в лесничество, лесхоз, ближайшую пожарную часть либо в сельсовет, а при угрозе жизни принять меры личной безопасности, покинуть место пожара.

При несчастном случае оказать пострадавшему доврачебную медицинскую помощь, о происшедшем сообщить мастеру или иному должностному лицу, при необходимости вызвать скорую помощь либо принять меры к доставке пострадавшего в медицинское учреждение, по возможности сохранить обстановку происшествия.

Доврачебная помощь оказывается немедленно, непосредственно на месте происшествия и в такой последовательности: сначала нужно устранить источник травмирования (выключить двигатель, остановить механизм, извлечь пострадавшего из-под хлыста, бревна и др.).

Оказание помощи надо начинать с самого существенно-го, что угрожает здоровью или жизни человека (при сильном кровотечении наложить жгут, а затем перевязать рану; при подозрении закрытого перелома наложить шину, при открытых переломах сначала следует перевязать рану, а затем наложить шину; при ожогах наложить сухую повязку; при обморожении пораженный участок осторожно растереть, используя мягкие или пушистые ткани).

При подозрении повреждения позвоночника транспортировать пострадавшего только в положении лежа на жестком основании.

#### ***Вопросы для самоконтроля***

1. Расскажите, какие лица допускаются к работе с бензопилой.
2. Поясните, в соответствии с каким документом осуществляются лесосечные работы.
3. Укажите, в радиусе скольких метров территория является опасной зоной при валке леса.
4. Расскажите, что не разрешается выполнять рабочему при обрезке сучьев.

## **ЛИТЕРАТУРА**

---

**Абразивные материалы и инструмент** [Электронный ресурс]. Режим доступа : [http://tsn-masterskaya.narod.ru/Abrazivnye\\_materialy\\_i\\_instrument.htm](http://tsn-masterskaya.narod.ru/Abrazivnye_materialy_i_instrument.htm). Дата доступа : 15.03.2013.

**Автобензины: свойства и классификация** [Электронный ресурс]. Режим доступа : [http://www.newchemistry.ru/letter.php?n\\_id=912](http://www.newchemistry.ru/letter.php?n_id=912). Дата доступа : 14.01.2013.

**Бензины и горюче-смазочные материалы** [Электронный ресурс]. Режим доступа : <http://www.referat.ru/referats/view/23137>. Дата доступа : 14.01.2013.

**Бит, Ю.А.** Практическое руководство по лесозаготовке / Ю.А. Бит. СПб, 2002.

**Виногоров, Г.К.** Лесосечные работы / Г.К. Виногоров. М., 1981.

**Гороховский, К.Ф.** Машины и оборудование лесосечных и лесоскладских работ : учеб. пособие / К.Ф. Гороховский, Н.В. Лившиц. М., 1991.

**Запуск бензопилы Stihl** [Электронный ресурс]. Режим доступа : <http://www.benzocenter.ru/press/26>. Дата доступа : 14.01.2013.

**Как правильно начать эксплуатацию бензопилы** [Электронный ресурс]. Режим доступа : [http://www.vales.by/page.php?issue\\_id=296&parent\\_id=251](http://www.vales.by/page.php?issue_id=296&parent_id=251). Дата доступа : 18.01.2013.

**Козлов, Ю.С.** Материаловедение : учеб. пособие / Ю.С. Козлов. М., 1983.

**Конструкционные материалы** : справ. / Б.Н. Арзамасов [и др.] ; под общ. ред. Б.Н. Арзамасова. М., 1990.

**Контрольно-измерительный инструмент** [Электронный ресурс]. Режим доступа : <http://politexno.ru/koninstr.html>. Дата доступа : 14.06.2013.

- Лесозэксплуатация** : учеб. / В.И. Пятакин [и др.]. М., 2006.
- Макниенко, Н.И.** Общий курс слесарного дела : учеб. / Н.И. Макниенко. 3-е изд., испр. М., 1989.
- Макниенко, Н.И.** Слесарное дело с основами материаловедения : учеб. / Н.И. Макниенко. 5-е изд., перераб. М., 1973.
- Малахов, А.И.** Основы металловедения и теории коррозии : учеб. / А.И. Малахов, А.П. Жуков. М., 1978.
- Матвейко, А.П.** Технология и машины лесосечных работ : учеб. / А.П. Матвейко, А.С. Федоренчик. Минск, 2002.
- Матвейко, А.П.** Технология и оборудование лесозаготовительного производства : учеб. / А.П. Матвейко. Минск, 2006.
- Машины и оборудование лесозаготовок** : справ. / Е.И. Миронов [и др.]. М., 1990.
- Машины, механизмы и оборудование лесного хозяйства** : справ. / В.Н. Винокуров [и др.]. М., 2002.
- Мускат, Л.В.** Материаловедение для слесарей-сантехников, слесарей-монтажников, машинистов строительных машин : учеб. / Л.В. Мускат. 3-е изд., перераб. и доп. М., 1974.
- Оборудование и организация рабочего места слесаря** [Электронный ресурс]. Режим доступа : [http://www.telenir.net/sdelai\\_sam/domashnii\\_slesar/p1.php](http://www.telenir.net/sdelai_sam/domashnii_slesar/p1.php). Дата доступа : 20.07.2013.
- Общие сведения по материаловедению** [Электронный ресурс]. Режим доступа : [http://www.telenir.net/hobbi\\_i\\_remesla/slesarnoe\\_delo\\_prakticheskoe\\_posobie\\_dlja\\_slesarja/p3.php](http://www.telenir.net/hobbi_i_remesla/slesarnoe_delo_prakticheskoe_posobie_dlja_slesarja/p3.php). Дата доступа : 18.04.2013.
- Основы технологии слесарных работ** [Электронный ресурс]. Режим доступа : [http://www.telenir.net/hobbi\\_i\\_remesla/slesarnoe\\_delo\\_prakticheskoe\\_posobie\\_dlja\\_slesarja/p2.php](http://www.telenir.net/hobbi_i_remesla/slesarnoe_delo_prakticheskoe_posobie_dlja_slesarja/p2.php). Дата доступа : 17.04.2013.
- Покровский, Б.С.** Основы слесарного дела : учеб. / Б.С. Покровский. 6-е изд., стер. М., 2013.
- Сажин, В.Б.** Иллюстрации к началам курса «Основы материаловедения» : учеб. пособие / В.Б. Сажин. М., 2005.
- Сборник** нормативных правовых актов по охране труда в лесном хозяйстве, лесной и деревообрабатывающей промышленности / А.А. Афанасенко, А.А. Губин, Н.В. Потоцкий // Библиотека журнала «Ахова працы». № 9. 2009.

**Советы** домашнему мастеру. Как работать с бензопилой [Электронный ресурс]. Режим доступа : <http://www.newshouse.ru/page-id-817.html>. Дата доступа : 14.01.2013.

**Способы** защиты металлических изделий от коррозии [Электронный ресурс]. Режим доступа : <http://www.inmetal.ru/214-sposoby-zashhity-metallicheskih-izdelij-ot.html>. Дата доступа : 08.04.2013.

**Устройство** и запуск бензопилы Stihl [Электронный ресурс]. Режим доступа : [http://www.youtube.com/watch?v=WZ3\\_URVrKN](http://www.youtube.com/watch?v=WZ3_URVrKN). Дата доступа : 14.01.2013.

**Характеристики** и классификация моторных масел [Электронный ресурс]. Режим доступа : <http://www.7samurayev.ru/useful/oil.php>. Дата доступа : 14.01.2013.

**Эксплуатация** бензопилы [Электронный ресурс]. Режим доступа : <http://tool-land.ru/rabota-benzopiloy.php>. Дата доступа : 14.01.2013.

## **ОГЛАВЛЕНИЕ**

---

|   |     |
|---|-----|
| <b>Введение</b> .....   | 3   |
| <b>1. Общие сведения по материаловедению</b> .....  | 6   |
| 1.1. Строение и свойства металлов .....   | 6   |
| 1.2. Чугун и сталь .....  | 12  |
| 1.3. Цветные металлы и сплавы .....   | 27  |
| 1.4. Коррозия металлов и меры борьбы с ней .....  | 36  |
| 1.5. Пластмассы .....   | 42  |
| 1.6. Абразивные материалы и инструмент .....  | 53  |
| 1.7. Вспомогательные материалы .....  | 56  |
| <b>2. Горюче-смазочные материалы</b> .....  | 65  |
| 2.1. Топливо .....  | 65  |
| 2.2. Смазочные материалы .....  | 71  |
| 2.3. Транспортирование, хранение и требования<br>безопасности труда при работе<br>с горюче-смазочными материалами ..... | 81  |
| <b>3. Организация и оборудование рабочего<br/>места при выполнении слесарных работ</b> .....                            | 89  |
| 3.1. Организация рабочего места слесаря .....   | 89  |
| 3.2. Слесарный инструмент .....   | 93  |
| 3.3. Измерительный и проверочный инструмент .....   | 105 |
| 3.4. Слесарные работы .....   | 117 |
| 3.5. Требования безопасности труда<br>при выполнении слесарных работ .....  | 140 |
| <b>4. Общие сведения о механизмах<br/>и инструментах, применяемых<br/>при валке леса</b> .....                          | 149 |

|  |            |
|--|------------|
| 4.1. Назначение и история создания бензопил .....  | 149        |
| 4.2. Классификация бензопил .....  | 152        |
| 4.3. Ручные инструменты .....  | 156        |
| <b>5. Устройство и работа бензопил.....</b>  | <b>160</b> |
| 5.1. Общие сведения .....  | 160        |
| 5.2. Двигатель.....  | 161        |
| 5.3. Муфта сцепления.....  | 175        |
| 5.4. Пильный аппарат .....   | 176        |
| 5.5. Элементы управления .....   | 186        |
| 5.6. Элементы защиты и способы снижения<br>отрицательного воздействия<br>при работе с бензопилами..... | 188        |
| <b>6. Эксплуатация бензопил.....</b>   | <b>197</b> |
| 6.1. Основы теории надежности машин.....   | 197        |
| 6.2. Виды износа деталей и меры<br>снижения изнашивания .....  | 201        |
| 6.3. Подготовка бензопил к работе.....   | 206        |
| 6.4. Общие правила работы с бензопилой .....   | 208        |
| 6.5. Проблемы «обратного удара» .....  | 210        |
| 6.6. Запуск бензопилы.....   | 212        |
| 6.7. Эксплуатация и обслуживание<br>пильной гарнитуры .....  | 216        |
| 6.8. Заточка пильной цепи .....  | 221        |
| 6.9. Уход за воздушным фильтром.....   | 227        |
| 6.10. Уход за свечой зажигания .....   | 228        |
| 6.11. Транспортирование и хранение бензопилы .....   | 230        |
| <b>7. Техническое обслуживание<br/>и ремонт бензопил.....</b>  | <b>232</b> |
| 7.1. Техническое обслуживание бензопил.....  | 232        |
| 7.2. Ремонт бензопил .....   | 236        |
| <b>8. Валочные приспособления .....</b>  | <b>237</b> |
| <b>9. Охрана труда на лесосечных работах.....</b>  | <b>243</b> |
| 9.1. Общие требования охраны труда во время<br>работы на лесосеке .....                                | 243        |

|   |            |
|---|------------|
| 9.2. Требования охраны труда при валке деревьев .....         | 244        |
| 9.3. Требования охраны труда при обрезке сучьев .....         | 248        |
| 9.4. Требования охраны труда<br>при раскряжевке хлыстов ..... | 249        |
| 9.5. Требования охраны труда<br>в аварийных ситуациях .....   | 250        |
| <b>Литература .....</b>                                       | <b>253</b> |

*Учебное издание*

**Колодий Петр Владимирович,  
Сигай Елена Петровна,  
Колодий Татьяна Анатольевна**

## **ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ВАЛКИ ЛЕСА**

**Учебное пособие**

*Редактор Л.В. Рутковская  
Технический редактор Н.В. Сивенок  
Корректор Е.Г. Шклярская  
Дизайн обложки Т.А. Карпович*

Подписано в печать 11.11.2014. Формат 60×84/16.  
Бумага офсетная. Печать офсетная.  
Усл. печ. л. 15,2. Уч.-изд. л. 12,3. Тираж 300 экз. Заказ 536.

Республиканский институт профессионального образования.  
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,  
распространителя печатных изданий № 1/245 от 27.03.2014.  
Ул. К. Либкнехта, 32, 220004, Минск. Тел.: 226 41 00, 200 43 88.

Отпечатано в ООО «Бизнесофсет».  
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,  
распространителя печатных изданий № 2/28 от 12.12.2013.  
Пр. Независимости, 95/3-7, 220043, Минск.  
Тел./факс: (017) 280 13 80. E-mail: boprint@tut.by

### **Уважаемые коллеги!**

Представляем информацию о центре учебной книги и средств обучения Республиканского института профессионального образования.

### **Перечень оказываемых услуг**

- ✓ Реализация учебной литературы для учащихся и педагогов учреждений образования, организаций, библиотек.
- ✓ Организация экспертизы учебных изданий для присвоения грифа Министерства образования Республики Беларусь, Республиканского института профессионального образования.
- ✓ Редакционно-издательские услуги: редактирование научной и учебной литературы, верстка и дизайн.
- ✓ Полиграфические услуги: книги, бланки, грамоты, дипломы, календари, буклеты, визитки и др.
- ✓ Организация и проведение тематических выставок, выставок-продаж, обучающих семинаров для авторов учебной литературы.

**Приглашаем к сотрудничеству авторов  
учебной литературы для УПТО и УССО  
Тел.: (8017) 200 62 23, 226 43 90**