

Федеральное агентство по образованию  
ГОУ ВПО «Братский государственный университет»

Е.П. Ясенков  
Л.А. Парфенова

# **ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ**

**Учебное пособие**

Рекомендовано Сибирским региональным учебно-методическим центром высшего профессионального образования для межвузовского использования в качестве учебного пособия для студентов, обучающихся по специальностям 150200 «Автомобили и автомобильное хозяйство», 170400 «Машины и оборудование лесного комплекса», 170900 «Подъемно-транспортные, строительные, дорожные машины и оборудование»

Братск 2005

УДК 629.113.004.5

Ясенков Е.П., Парфенова Л.А. Основы проектирования и эксплуатации технологического оборудования: Учебное пособие.- 2-е изд., перераб. - Братск: ГОУ ВПО «БрГУ», 2005. - 140 с.

*Учебное пособие содержит основные теоретические положения и практические рекомендации по проектированию технологического оборудования и оснастки для технического обслуживания и ремонта транспортной грузоподъемной техники в условиях эксплуатирующих и ремонтных предприятий.*

*Представлены сведения из специальных разделов технологии машиностроения, а также расчеты элементов оборудования с помощью ЭВМ.*

Библиогр. 31 назв. Ил. 26. Табл. 16

Рецензенты: **И.М. Головных**, д-р техн. наук, профессор,  
зав. кафедрой автомобильного транспорта  
(Иркутский гос. техн. ун-т);  
**В.П. Шалдыкин**, д-р техн. наук, профессор;  
(Голицынский автобусный завод)

Печатается по решению издательско-библиотечного совета

© Ясенков Е.П., Парфенова Л.А., 2005

## ВВЕДЕНИЕ

В условиях перехода экономики Российской Федерации на рыночные отношения опережающими темпами будут развиваться отрасли, определяющие научно-технический прогресс страны.

К таким отраслям прежде всего относится машиностроительный комплекс, производящий современную автомобильную технику. Ежегодно автотранспортом (АТ) перевозится до 80 % грузов и до 70 % пассажиров.

Важнейшей подсистемой автомобильного транспорта является техническая эксплуатация автомобилей (ТЭА), эффективность которой в значительной мере зависит от уровня механизации и автоматизации технологических процессов технического обслуживания (ТО) и текущего ремонта (ТР) подвижного состава (ПС) на автотранспортных предприятиях (АТП).

Рост автопарка сопровождается старением техники, что вызывает дополнительные затраты на поддержание ее в исправном состоянии.

Недостаточное оснащение производственно-технической базы АТП средствами механизации и автоматизации оказывает отрицательное воздействие на техническое состояние автотранспортных средств (АТС).

Комплексная механизация и автоматизация технологических процессов ТО и ТР автомобилей на АТП и повышение квалификации работников позволят увеличить производительность труда ремонтного и обслуживающего персонала и сократить его численность, уменьшить простои автотранспорта при обслуживании и ремонте, а также снизить отрицательное воздействие подвижного состава на окружающую среду.

Содержание дисциплины «Основы проектирования и эксплуатации технологического оборудования» (ОПЭТО) определяется рабочей программой, составленной в соответствии с государственным образовательным стандартом СД.10 высшего профессионального образования по направлению подготовки специальности 150200 «Автомобили и автомобильное хозяйство» ГОС. 529 тех/дс от 31.10.2001, и учебным планом по специальности «Автомобили и автомобильное хозяйство», утвержденным 17.03.2003.

**Цель дисциплины** – дать студентам необходимые теоретические знания и привить практические навыки, позволяющие созда-

вать новое и совершенствовать имеющееся специальное технологическое оборудование и оснастку, применяемые на автотранспортных и авторемонтных предприятиях.

В результате изучения курса ***студент должен знать:***

- основные направления и средства комплексной механизации и автоматизации технологических процессов ТО и ремонта (Р) автомобилей;

- общую методику и особенности расчета, конструирования и эксплуатации разрабатываемого технологического оборудования и оснастки.

***Студент должен уметь:***

- определять уровни механизации и автоматизации технологических процессов ТО и Р автомобилей на АТП;

- определять потребности в технологическом оборудовании и оценивать технико-экономическую эффективность его применения;

- выбирать приемы и методы проектирования и компонования технологического оборудования, его агрегатов и деталей;

- проектировать механические, энергетические, гидравлические и другие установки для привода оборудования;

- разрабатывать систему организации поддержания технологического оборудования в исправном состоянии.

Основы проектирования и эксплуатации технологического оборудования базируются на знаниях, полученных студентами при изучении дисциплин: инженерная графика, теоретическая механика, электроника, теория механизмов и машин, сопротивление материалов, материаловедение, технология конструкционных материалов, детали машин и подъемно-транспортное оборудование, гидравлика и гидропневмопривод, основы метрологии, стандартизации и сертификации, теплотехника, автомобили, техническая эксплуатация автомобилей, основы технологии производства и ремонт автомобилей, экономика отрасли.

Методической основой преподавания дисциплины «Основы проектирования и эксплуатации технологического оборудования» являются лекционный курс, практические занятия, курсовая и самостоятельная работа.

Уровень знаний, полученных в процессе изучения курса, определяется путем собеседования и текущего опроса на практических занятиях; контроля за соблюдением графика работы над ин-

дивидуальным заданием и качеством его выполнения. Изучение курса завершается защитой курсовой работы и зачетом.

Вопросы автоматизации расчёта элементов технологического оборудования с помощью ЭВМ разработаны Л.А. Парфёновой.

Данное учебное пособие может быть также полезно студентам специальностей 17.04, 17.09 при изучении аналогичных дисциплин.

## 1. ПРЕДМЕТ И СОДЕРЖАНИЕ КУРСА

### 1.1. Актуальность изучения дисциплины ОПЭТО

Автомобильный транспорт является частью транспортного комплекса страны и, в свою очередь, состоит из трех основных подсистем:

- 1) управление;
- 2) транспортный процесс или коммерческая эксплуатация (КЭ);
- 3) техническое обеспечение транспортного процесса или техническая эксплуатация автомобилей [1, с. 29-34].

*Основной задачей ТЭА* является своевременное обеспечение транспортного процесса работоспособным подвижным составом нужной номенклатуры при оптимальных трудовых и материальных затратах.

На показатели эффективности ТЭА ( $\alpha_T$  – коэффициент технической готовности ПС,  $C_{ТО.ТР}$  – затраты на ТО и Р автомобилей) оказывают влияние шесть групп внешних факторов (табл. 1.1).

*Таблица 1.1*

*Влияние внешних факторов на показатели эффективности ТЭА*

Группы внешних факторов	Степень влияния на показатели эффективности ТЭА ( $\alpha_T$ , $C_{ТО.ТР}$ %)
Подвижной состав и эксплуатационные материалы	25/21
Система и организация ТО и Р	19/18
Производственно-техническая база (ПТБ)	18/19
Эффективность работы персонала	16/13
Условия эксплуатации	13/20
Система снабжения и резервирования	9/9
<b>Всего</b>	<b>100/100</b>

Очевидно, что эффективность ТЭА на 32...34 % зависит от уровня развития ПТБ и квалификации работников АТП.

Зависимость главных целей, стоящих перед автомобильным транспортом, от эффективности ТЭА можно определить в %:

1) рост объема перевозок на 25...27 % зависит от уровня работоспособности автопарка;

2) себестоимость перевозок на 22...26 % – от затрат на ТО и ТР;

3) производительность труда водителей на 20...23 % – от производительности труда ремонтных рабочих;

4) защита населения, персонала АТП и окружающей среды от отрицательного воздействия автомобилей на 5...12 % зависит от их технического состояния.

В 1990 г. в СССР затраты АТП на ТО и Р автомобилей превышали 4 млрд руб. в год. Несмотря на значительные материальные и трудовые затраты, в техническом обслуживании и ремонте ежедневно простаивали около 1 млн автомобилей [2].

В сфере ремонта и технического обслуживания подвижного состава АТ было занято более 1 млн человек, причем на 1 ремонтного рабочего приходилось по 1...3 автомобиля. Это объясняется тем, что трудозатраты на ТО и ТР автомобиля до его списания в 30...50 раз превышают затраты на его изготовление [3].

***В ходе изучения данной дисциплины необходимо более подробно рассмотреть производственно-техническую базу (ПТБ), которая включает следующие составляющие:***

1) уровень обеспеченности АТП производственно-технической базой;

2) мощность и структура ПТБ;

3) уровень механизации и автоматизации процессов ТО и ТР;

4) специализация ПТБ;

5) кооперация ПТБ на отраслевом и региональном уровнях.

От целей и задач, стоящих перед АТ в целом и ТЭА, перейдем к вопросу повышения уровня механизации и автоматизации технологических процессов ТО и ремонта подвижного состава на АТП.

## **1.2. Механизация технологических процессов ТО и Р автомобилей. Основные виды, понятия и определения**

***Механизация технологических процессов (МТП)*** – это частичная или полная замена ручного труда человека при изменении

состояния, формы или качества изделия с сохранением участия оператора в управлении машиной [4, с. 30-33].

МТП может быть частичной или полной.

**Частичная** МТП – это механизация отдельных движений или операций, при которой используемые механизмы или приспособления ускоряют их выполнение и облегчают труд рабочего.

**Полная** МТП – это комплексная механизация, которая охватывает все основные, вспомогательные и транспортные операции технологического процесса и полностью исключает ручной труд. При этом работник управляет машиной и контролирует качество выполнения операций.

Высшей ступенью комплексной механизации является автоматизация технологических процессов, которая позволяет полностью исключить ручной труд и освободить рабочего от оперативного управления механизмами. Автоматизация, как и механизация, может быть частичной и полной.

**Механизация технологических процессов на АТП** позволяет:

- 1) уменьшить численность ремонтных рабочих за счет снижения трудоемкости работ по ТО и ТР автомобилей;
- 2) повысить качество выполнения операций ТО и ремонта;
- 3) улучшить условия труда ремонтных рабочих.

Снижение трудозатрат на проведение ТО и ТР достигается за счет сокращения времени выполнения соответствующих технологических операций, т.е. повышения производительности труда рабочих. Например, использование автоматической линии М-118 для мойки легковых автомобилей позволяет сократить трудоемкость выполнения этих работ в 7,5 раза, электромеханического подъемника 468М – в 2 раза, электрогайковерта И-303М для гаек дисков колес – в 1,5 раза и т.д.

Повышение качества ТО и ТР особенно важно при выполнении контрольно-диагностических, смазочно-заправочных, уборочно-моечных и монтажно-демонтажных работ.

Условия труда ремонтных рабочих необходимо улучшить за счет механизации и автоматизации выполняемых ими тяжелых, однообразных, утомительных и вредных для здоровья операций по монтажу-демонтажу и внутригаражной транспортировке грузов и агрегатов автомобилей, уборке и мойке салонов автобусов и кузовов грузовых автомобилей, рихтовке рессор и т.д.

### 1.3. Определение уровней механизации работ ТО и ремонта на АТП

Выполнение работ по ТО и ТР автомобилей может производиться тремя способами: *механизированным, механизированно-ручным и ручным* [4, с. 33-40, 46-53].

К *механизированному* способу производства относятся работы, выполняемые при помощи машин и механизмов, получающих энергию от отдельного источника и имеющих электрический, гидравлический, пневматический и другие приводы. При этом управление машиной и выполнение вспомогательных операций осуществляются вручную.

При механизированном способе производства на АТП применяется следующее оборудование:

- 1) металлообрабатывающие и деревообрабатывающие станки;
- 2) кузнечно-прессовое оборудование;
- 3) конвейеры для перемещения автомобилей;
- 4) электротельферы и кран-балки;
- 5) подъемники для вывешивания автомобилей;
- 6) диагностические стенды;
- 7) механизированные мойки.

К механизированному способу производства не относятся работы, связанные с применением нагревательного оборудования (кузнечные горны, электропечи, сушильные камеры), сварочного оборудования и окрасочных камер.

При *механизированно-ручном* способе производства инструмент, приборы и аппаратура применяются в отдельных, наиболее трудоемких операциях с сохранением значительной доли ручного труда.

Механизированно-ручной способ производства предполагает использование:

- установок для шланговой мойки автомобилей;
- маслораздаточного оборудования;
- электро- и пневмогайковертов;
- контрольно-измерительных приборов;
- пневматических окрасочных пистолетов.

К *ручному* способу производства относятся работы, выполняемые при помощи простейшего инструмента (молоток, отвертка, напильник, гаечный ключ и ручная дрель), а также приспособлений и устройств, приводимых в действие мускульной силой человека



(домкраты, съемники, краны, тележки и другое оборудование, не имеющее привода от отдельного источника энергии).

Если в течение смены используется один или несколько видов оборудования, то данный способ производства следует отнести к механизированно-ручному или механизированному.

Если время использования оборудования не превышает 30 % от полного рабочего времени, то данный способ производства является ручным.

Уровень механизации производственных процессов определяется для АТП в целом и его отдельных участков двумя показателями:

- 1) степенью охвата рабочих механизированным трудом,  $C$ ;
- 2) долей механизированного труда в общих трудозатратах,  $U_T$ .

В 1982 г. данные показатели на АТП Минавтотранса РФ не превышали в среднем 30 % от нормативных значений (табл. 1.2).

Из табл. 1.2 видно, что наибольшие резервы для повышения уровня механизации производственных процессов имеются при проведении текущего ремонта ПС.

*Таблица 1.2*

*Значения  $C$  и  $U_T$  на предприятиях Минавтотранса РФ*

Технологические процессы	$C$ , %	$U_T$ , %
ЕО	22	18
ТО-1	25	10
ТО-2	27	10
ТР	16	7

#### **1.4. Классификация технологического оборудования и его типизация**

Технологическое оборудование и специализированный инструмент, предназначенные для ТО и ремонта автомобилей, являются основой механизации [4, с. 53-59; 5, с. 132-156].

Нормативный перечень оборудования приведен в «Табеле технологического оборудования и специализированного инструмента для АТП Минавтотранса РФ» и содержит более 300 наименований.

В зависимости от назначения оно подразделяется на 4 группы:

1) **подъемно-осмотровое** включает оборудование и устройства, обеспечивающие при ТО и ТР удобный доступ к агрегатам и

узлам, расположенным снизу и сбоку автомобиля (осмотровые каналы, эстакады, подъемники, опрокидыватели и гаражные домкраты);

2) *подъемно-транспортное* включает оборудование для подъема и перемещения элементов автомобиля (передвижные краны, электротельферы, кран-балки, грузовые тележки и конвейеры);

3) *специализированное оборудование* предназначено для выполнения *технологических операций ТО*: уборочно-моечных, крепежных, смазочных, диагностических, регулировочных и заправочных.

4) *специализированное* оборудование (разборочно-сборочное, слесарно-механическое, кузнечное, сварочное, медницкое, кузовное, шиномонтажное и вулканизационное, электротехническое, для ремонта систем питания) используется для выполнения *технологических операций ТР*.

Из общей номенклатуры 18 % оборудования имеет *общетехническое назначение* и применяется в различных отраслях народного хозяйства (металлорежущие станки, сварочное, кузнечно-прессовое, крановое, литейное, электротехническое и другое оборудование).

На долю *специализированного* оборудования, предназначенного только для ТО и ремонта подвижного состава (моечное, диагностическое и др.), приходится 69 %. Доля *оборудования для оснастки* постов и рабочих мест АТП (шкафы, стеллажи, верстаки, тележки и др.) составляет 13 %.

К специализированному оборудованию и инструменту относятся *комплекты гаечных ключей* и гайковерты, используемые для выполнения технологических операций ТО и Р, в том числе и общетехнического назначения.

Верстаки и стеллажи для оснастки постов должны изготавливаться силами АТП, так как их централизованное производство не предусмотрено.

Из общего перечня оборудования для АТП *стационарное* составляет 49 %, *передвижное* – 18 % и *переносное* – 33 %.

Большая часть *стационарного* оборудования (стенды для демонтажно-монтажных работ по двигателю, коробке передач, передней оси; ванны для проверки камер и радиаторов; гидравлические прессы и т.д.) не требует создания специализированных постов и устанавливается на участках ТР автомобилей.

**Передвижное** оборудование: тележки для транспортировки колес, аккумуляторных батарей; гаражные домкраты и т.п. – не требует определенных, закрепленных за ним площадей и может быть использовано на различных рабочих постах.

**Переносное** оборудование включает инструменты, контрольные приборы и различные приспособления.

По основным видам работ *ТО* и *ТР* оборудование распределено следующим образом:

уборочно-моечные работы	– 8 %
подъемно-транспортные	– 14 %
смазочные и заправочные	– 8 %
ремонтные и регулировочные работы	
по системе питания двигателей	– 13 %
электротехнические и аккумуляторные	– 5 %
слесарно-механические	– 5 %
кузовные, малярные, обойные	– 7 %
ремонтные, монтажно-демонтажные	– 15 %
сварочные, кузнечные, медницкие	
и жестяницкие	– 8 %
контрольно-диагностические	– 9 %
шиномонтажные и шиноремонтные	– 8 %.

Под **типизацией оборудования** понимается группировка по критериям, оценивающим его как средство механизации *ТО* и ремонта.

По функциональному назначению оно подразделяется следующим образом:

1) оборудование для повышения производительности труда (гайковерты, конвейеры, стенды для регулировки передней подвески; стенды для демонтажно-монтажных работ) – 37 %;

2) оборудование, повышающее качество выполнения работ (подъемники, домкраты гаражные, опрокидыватели, диагностические приборы) – 16 %;

3) оборудование, без которого невозможно либо опасно выполнение работ (инструмент, компрессоры, ванны для проверки радиаторов и камер, сварочное и кузнечно-прессовое оборудование, металлорежущие станки) – 34 %;

4) оборудование комбинированного назначения (моечные установки, диагностические стенды) – 13 %.

В конечном итоге на уровень механизации операций ТО и ТР влияет не относительно малая стоимость большинства образцов оборудования, а возможность его приобретения и размещения на существующих ограниченных площадях АТП.

### **1.5. Перспективы повышения уровня механизации работ ТО и ТР на АТП**

Уровень механизации технологических процессов ТО и ТР подвижного состава на АТП зависит от номенклатуры и количества выпускаемого оборудования [4, с. 59-63].

В 1991 г. номенклатура серийно выпускаемого технологического оборудования включала в себя около 230 наименований. По расчетам НИИАТ его необходимо было до 300 наименований, а в 2000 г. – до 400.

Необходимость расширения номенклатуры оборудования определяется усложнением конструкции автомобилей и вводом в эксплуатацию новой импортной техники.

До настоящего времени фактическая оснащенность АТП технологическим оборудованием (по стоимости) не превышала 30 % от нормативов, в том числе: уборочно-моечным – 27 %; шиномонтажным и шиноремонтным – 25 %; смазочно-заправочным – 20 %; диагностическим и подъемно-транспортным – по 17 %; разборочно-сборочным – 7 %.

Первоочередность приобретения и изготовления оборудования силами АТП определяется следующими факторами:

- 1) большой трудоемкостью выполнения технологических операций без применения средств механизации;
- 2) высокой частотой повторяемости данных операций;
- 3) влиянием технологической операции на эффективность и безопасность работы автомобиля;
- 4) степенью обеспеченности АТП данным оборудованием;
- 5) возможностью более безопасного выполнения технологической операции исполнителями.

С учетом данных критериев на АТП в первую очередь должны производиться следующие виды технологического оборудования:

- 1) установки подметально-пылесосного типа для уборки салонов легковых автомобилей и автобусов, кабин и платформ грузовых автомобилей, прицепов и полуприцепов;

2) установки щеточного, струйного или струйно-щеточного типа для мойки легковых и грузовых автомобилей, прицепов и полуприцепов, автобусов;

3) установки для контроля и регулировки давления воздуха в шинах как для легковых и грузовых автомобилей и автобусов, так и универсальные;

4) прибор для проверки работоспособности элементов тормозной системы КамАЗа;

5) стенды силового типа для проверки тормозов легковых и грузовых автомобилей и автобусов или универсальные;

6) установки для отворачивания и заворачивания гаек дисков колес и стремянок рессор (электро- или пневмогайковерты);

7) устройства для транспортировки колес и аккумуляторных батарей;

8) устройство для снятия ступицы с тормозным барабаном и колесом в сборе;

9) устройства для снятия, установки и внутrigаражной транспортировки двигателя, коробки передач, редуктора, ГМП ЛиАЗ-677, рессор, передней оси, среднего и заднего мостов автомобилей;

10) установки для мойки деталей;

11) устройство для притирки клапанов (при снятых головках цилиндров);

12) специализированный инструмент с электро- или пневмоприводом;

13) стенды для разборки и сборки двигателя, коробки передач, редуктора, передней оси и мостов автомобилей и автобусов;

14) стенд для разборки, сборки и регулировки сцепления;

15) стенд для разборки, сборки и рихтовки листов рессор грузовых автомобилей и автобусов;

16) станки для растачивания тормозных барабанов, срезания, наклепывания и обтачивания накладок тормозных колодок;

17) стенды для демонтажа и монтажа шин.

Необходимость в проектировании и изготовлении данных видов оборудования определяется условиями технической эксплуатации автомобилей в конкретном АТП.

## 2. ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

### 2.1. Задачи и общие правила конструирования

*Задача конструктора* состоит в создании машины, наиболее полно отвечающей потребностям предприятия, позволяющей получить максимальный экономический эффект и обладающей самыми высокими технико-экономическими и эксплуатационными показателями [6, с. 9, 45-47].

*Главными показателями* являются: высокая производительность, экономичность, прочность и надежность; малые масса и металлоемкость, габариты и энергоемкость, затраты на ТО и ТР; достаточно большой технический ресурс; простота, безопасность и удобство управления, эксплуатации, обслуживания и ремонта оборудования.

При проектировании машины рекомендуется придерживаться следующих основных правил.

1. **Получение максимально возможного экономического эффекта** (годовой прибыли) от работы машины  $Q$ , руб./г.:

$$Q = O_T - z = O_T \cdot \left(1 - \frac{z}{O_T}\right) = O_T \cdot \left(1 - \frac{1}{g}\right), \quad (2.1)$$

где  $O_T$  – полезная отдача оборудования (годовой доход), руб./г.;  $z$  – суммарные затраты на эксплуатацию машины, руб./г.;  $g$  – рентабельность оборудования (должно быть  $g > 1$ , иначе машина будет работать убыточно):

$$g = \frac{O_T}{z}. \quad (2.2)$$

Суммарные затраты  $z$ , руб./г., можно определить по следующей зависимости:

$$z = \mathcal{E}_H + M_T + I_H + T_P + O_B + P_M + H_K + A_M, \quad (2.3)$$

где  $\mathcal{E}_H$  – расходы на энергию;  $M_T$  – стоимость материалов;  $I_H$  – стоимость инструмента;  $T_P$  – оплата труда операторов;  $O_B$ ,  $P_M$  – расходы на обслуживание и ремонт оборудования;  $H_K$  – накладные цеховые и заводские расходы;  $A_M$  – амортизационные расходы.

2. **Увеличение полезной отдачи** оборудования, которая выражается стоимостью произведенной продукции или работы, выполняемой машиной в единицу времени.

Полезная отдача зависит от производительности машины, т.е. от числа операций, выполняемых в единицу времени, и от стоимости операций.

Главными способами повышения производительности оборудования являются: увеличение числа одновременно выполняемых операций и одновременно обрабатываемых изделий; сокращение продолжительности технологического цикла и механизация технологического процесса.

3. **Снижение эксплуатационных расходов**, и в первую очередь на энергию, обслуживание и ремонт оборудования.

4. **Повышение эксплуатационной надежности и долговечности** оборудования.

Основными факторами, определяющими долговечность машины, являются:

а) прочность (может быть обеспечена практически для всех деталей);

б) износостойкость трущихся поверхностей (может быть увеличена путем повышения твердости, подбора соответствующих материалов, уменьшения удельного давления на поверхности детали, повышения качества обработки поверхности и смазки);

в) антикоррозионная стойкость (достигается применением окрасочных материалов, гальванического покрытия, химических и полимерных пленок).

5. **Обеспечение возможности изготовления машины** из стандартных взаимозаменяемых агрегатов, узлов и деталей.

6. **Легкодоступность узлов** и сокращение времени и трудозатрат на обслуживание и ремонт оборудования.

7. **Уменьшение себестоимости изготовления машины** путем унификации, стандартизации, технологичности изготовления и снижения металлоемкости ее узлов.

8. **Упрощение конструкции, уменьшение габаритов**, экономия дорогостоящих материалов при изготовлении оборудования.

9. **Соблюдение требований** технической эстетики (современный дизайн машины).

10. **Возможность удобного расположения** приборов и механизмов управления машиной.

11. **Обеспечение безопасной работы** персонала и защиты окружающей среды от действия оборудования.

Представленные положения связаны только с этапом конструирования оборудования, а процесс его изготовления и эксплуатации не рассматривается.

## 2.2. Методы создания технологического оборудования на базе унификации

**Унификация** позволяет использовать эффективные и экономичные методы создания на базе исходной модели ряда производных машин того же назначения, но с различными эксплуатационными показателями (мощность, производительность) или машин иного назначения, выполняющих другие операции либо выпускающих другую продукцию [6, с. 33-38]. Таких методов шесть.

1. **Метод секционирования** заключается в разделении машины на одинаковые секции и образовании производных машин путем набора унифицированных секций.

Данный метод применяется при конструировании ленточных, цепных и пластинчатых конвейеров; дисковых фильтров; центробежных, вихревых и аксиальных гидронасосов.

Конструирование в данном случае сводится к созданию машин различной длины с новым несущим полотном из отдельных секций.

2. **Метод базового агрегата** заключается в использовании, например, автомобильного шасси для создания машин различного назначения путем присоединения к нему дополнительного специального оборудования.

Присоединение данного оборудования требует разработки дополнительных раздаточных коробок, подъемных и поворотных механизмов, а также механизмов управления и кабин.

3. **Метод конвертирования** используется для создания производных машин путем изменения характера рабочего процесса в базовой модели или перевода поршневых двигателей с одного вида топлива на другой.

В частности, бензиновый двигатель легко переоборудовать в газовый. Для этого карбюратор достаточно заменить на смеситель и увеличить степень сжатия путем изменения высоты поршней.

4. **Метод модифицирования** состоит в переделке машины в целях ее приспособления к новым условиям работы, операциям и



видам продукции без изменения основной конструкции. Под модификацией оборудования понимается также улучшение его показателей.

Например, при модифицировании машины для работы в условиях холодного климата применяются хладостойкие материалы и смазки, в условиях влажного климата – антикоррозионные сплавы.

**5. Метод агрегатирования** заключается в создании новых машин путем сочетания унифицированных стандартных агрегатов, представляющих собой автономные узлы, которые устанавливаются на раме в различном количестве и комбинациях.

Примером использования данного метода является создание металлорежущих станков из унифицированных станин, поворотных столов, системы подачи смазочно-охлаждающей жидкости и т.д.

Частичное агрегатирование состоит в использовании стандартизованных агрегатов, серийно выпускаемых промышленностью (электродвигатели, редукторы, компрессоры), а также в заимствовании у серийно изготавливаемых изделий отдельных узлов (коробки передач, сцепления).

**6. Метод унифицированных рядов** наиболее перспективный и заключается в варьировании мощности или производительности машины путем изменения количества рабочих механизмов.

Данный метод применяется при создании рядов четырехтактных двигателей на основе унифицированных блоков цилиндров и частично унифицированных коленчатых валов и деталей шатунно-поршневой группы.

Мощность двигателя пропорциональна числу цилиндров, поэтому теоретически можно получить семейство двигателей с количеством цилиндров от 1 до 24. На практике двигатели с числом цилиндров меньше 4 и больше 24 не применяются.

Приведенная классификация методов создания технологического оборудования является достаточно условной. Некоторые методы взаимосвязаны, поэтому возможно их сочетание и параллельное применение.

### **2.3. Методика конструирования технологического оборудования**

При проектировании оборудования необходимо придерживаться конструктивной преемственности [6, с. 48-60; 7, с. 4-9].

Современная машина представляет собой результат работы конструкторов нескольких поколений. Начальную модель постепенно совершенствуют путем внедрения новых конструктивных решений. Некоторые решения со временем устаревают, другие, основательно забытые, возрождаются через десятки лет на новой технической основе.

С течением времени повышаются технико-экономические показатели машин, их мощность, производительность и эксплуатационная надежность, появляются новые машины одинакового назначения, но с принципиально другими конструкторскими схемами.

Таким образом, **конструктивная преемственность** – это использование при проектировании оборудования предшествующего опыта, который накоплен в рассматриваемой и смежных отраслях машиностроения, для внедрения в разрабатываемый образец всего полезного, что есть в существующих конструкциях машин.

Процесс конструирования оборудования осуществляется в несколько этапов:

- 1) изучение сферы применения;
- 2) выбор конструкции по аналогам;
- 3) компоновка машины.

Современное предприятие характеризуется сокращением производственного цикла и появлением новых технологических процессов, для которых необходима новая компоновка линий, номенклатура и расстановка оборудования.

Соответственно изменяются требования к показателям машин, возникает потребность в создании новых образцов или коренного изменения старых.

При выборе параметров машины необходимо иметь в виду конкретные условия ее применения. Нельзя, например, произвольно увеличивать ее производительность, не учитывая мощности смежного оборудования.

**Прогнозирование конструкции** следует рассматривать как часть научно-исследовательской работы, направленной на подбор и подготовку исходного материала. Прогнозирование на 5...10 лет является краткосрочным, на 20 лет – среднесрочным, на 30 лет – долгосрочным.

При этом могут быть использованы следующие методы:

- 1) метод экстраполяции (применяется при краткосрочном прогнозировании);

2) метод экспертных оценок (используется в случае отсутствия систематизированной информации);

3) метод физического или математического моделирования (применяется для долгосрочного прогнозирования).

На всех стадиях проектирования в случаях, предусмотренных ГОСТ 2.110-68, необходимо проводить патентную проработку конструкции машины.

При конструировании следует руководствоваться:

1) основными техническими направлениями в проектировании аналогичных изделий с учетом перспективы развития науки и техники;

2) результатами научно-исследовательских работ;

3) передовым опытом в промышленности;

4) действующими нормативными документами по проектированию аналогичных изделий;

5) противопожарными, санитарными и другими нормами и правилами.

Схему конструкции машины выбирают путем параллельного анализа нескольких вариантов с точки зрения конструктивной целесообразности, совершенства кинематической и силовой схем, стоимости изготовления и эксплуатации, надежности и других факторов.

В конструкции машины следует предусмотреть возможность ее дальнейшего совершенствования, форсирования и образования на базе исходной модели производных машин и их модификаций.

Из-за противоречивости выдвигаемых требований часто приходится выбирать компромиссный вариант конструкции с наименьшими недостатками, а не с наибольшими достоинствами.

Компонование состоит из двух этапов – *эскизного и рабочего*.

На первом этапе разрабатывается основная схема и общая конструкция агрегата, иногда в нескольких вариантах. Их анализ позволяет составить рабочую схему, в которой уточняется конструкция узлов машины.

При компоновании надо идти от общего к частному, а не наоборот. Выяснять подробности конструкции не следует. Нельзя также выбирать первый пришедший в голову образец или принимать за основу шаблонные решения.

На втором этапе компонования необходимо:

- разработать системы смазки и охлаждения, а также схемы электропитания, разборки-сборки, установки агрегата и присоединения к нему смежных деталей;
- предусмотреть условия для удобного обслуживания, ремонта и управления;
- выбрать материалы для основных деталей.

Компоновочные чертежи и штриховка на них могут выполняться от руки. Типовые детали и узлы (крепежные детали, уплотнения, подшипники качения) изображаются упрощенно.

## **2.4. Основные этапы проектирования машины**

Исходным материалом для проектирования является техническое задание, выдаваемое заказчиком и определяющее параметры машины, область и условия ее применения [6, с. 48; 7, с. 4-20].

Проектирование выполняется в несколько этапов, устанавливаемых ГОСТ 2.103-68.

*При серийном и массовом производстве* такими этапами являются:

- 1) разработка технического предложения по ГОСТ 2.118-73;
- 2) выполнение эскизного проекта по ГОСТ 2.119-73;
- 3) выполнение технического проекта по ГОСТ 2.120-73;
- 4) разработка документации для изготовления опытного образца или партии изделий;
- 5) корректировка документации по результатам изготовления и предварительных испытаний опытного образца или партии;
- 6) корректировка документации по результатам изготовления и испытаний первой промышленной партии изделий.

*Для единичного производства* необходимо выполнить эскизный и технический проекты, разработать документацию для изготовления изделия и скорректировать ее по результатам производства и испытания образца.

Техническое предложение выдвигается в инициативном порядке конструктором и является первым этапом компонования изделия.

На данном этапе необходимо:

- 1) рассчитать и выбрать кинематическую и силовую схемы машины;
- 2) выявить форму основных деталей и их рациональное расположение;

3) выполнить расчеты деталей на прочность, жесткость, износостойкость;

4) определить габариты изделия.

**Чертежи образца** выполняются на миллиметровой бумаге формата А2 или А1, как правило, в масштабе 1:1. Простые узлы изображаются в одной проекции с разрезами по осям валов, сложные – в нескольких проекциях.

Типовые детали и узлы (крепеж, уплотнения, подшипники качения) изображаются упрощенно. Чертежи и штриховка на них могут выполняться от руки.

Эскизный проект является вторым этапом компоновки изделия. На этой стадии необходимо выполнить расчеты подшипников качения по критериям работоспособности, валов на прочность и жесткость, посадок соединений деталей.

Чертеж изделия должен включать две-три проекции, а также дополнительные виды, разрезы и сечения.

При этом у симметричных деталей вычерчивают во всех подробностях лишь одну сторону от оси симметрии, а на другой стороне показывают только их наружный контур.

Подшипники качения с указанием типа и конструктивных особенностей изображают лишь с одной стороны от оси вала на обеих опорах, а на другой стороне проводят диагонали сплошными тонкими линиями.

Эскизный проект рассматривается и утверждается, после чего становится основой для разработки технического проекта. При необходимости изготавливаются макеты изделия и проводятся их испытания.

**Технический проект** должен содержать следующие обязательные документы: чертеж общего вида, ведомость проекта и пояснительную записку.

На чертеже должны быть изображены виды, разрезы и сечения изделия, указаны наименования его составных частей, приведены необходимые размеры, кинематическая и другие схемы. Чертеж следует выполнять с максимальными упрощениями.

Пояснительная записка к техническому проекту включает следующие разделы: содержание; введение; характеристика изделия; основные решения; технико-экономическое обоснование и сметная стоимость капитальных затрат; научно-исследовательские, опытно-

конструкторские и экспериментальные работы; указания по реализации проекта; приложения.

К рабочей документации относятся графические документы (сборочный, габаритный, монтажный и другие чертежи) и текстовые (пояснительная записка, технические условия, спецификации на сборочные единицы и т.д.).

Номенклатура рабочих документов на разных стадиях проектирования приведена в [7, с. 5].

Пример конструирования центробежного водяного насоса рассмотрен в [6, с. 60-71], одноступенчатого цилиндрического редуктора – в [7, с. 11-20].

### **3. ПРОЕКТИРОВАНИЕ МОЕЧНО-ОЧИСТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ АТП**

#### **3.1. Общие сведения о моечно-очистных работах**

Очистка автомобилей и их узлов во время ТО и ремонта является сложной, до конца не решенной проблемой. Ее решение заключается в совершенствовании технологии моечно-очистных работ и оборудования для них [8, с. 3-11; 9, с. 42-59].

Очистка представляет собой процесс удаления с наружных и внутренних поверхностей агрегатов, узлов и деталей загрязнений до такого уровня, при котором оставшиеся загрязнения не препятствуют выполнению осмотра, ТО, ремонта и последующей эксплуатации ПС.

Загрязнения могут быть эксплуатационными и технологическими; последние образуются во время ТО и ремонта. По химическому составу они подразделяются на органические, неорганические и смешанные.

*К органическим загрязнениям* относят моторные и трансмиссионные масла; пластичные и консервационные смазочные материалы; жиры; пленки высокомолекулярных соединений (клей, каучук, лакокрасочные материалы). *К неорганическим* – влагу и пыль; остатки перевозимых грузов (цемент, асфальт, бетон); нагар, накипь и продукты коррозии.

*Смешанные загрязнения* образуются из материалов обеих групп.

У автомобиля очистке подлежат около 100 м<sup>2</sup> площади загрязненной поверхности.

В условиях АТП технологический процесс очистки автомобиля и его элементов включает следующие виды работ:

1) удаление с наружных поверхностей пыли- и маслогрязевых материалов, остатков перевозимых грузов, а при необходимости – продуктов коррозии;

2) очистка системы охлаждения от накипи и нагара;

3) промывка картеров агрегатов и узлов для удаления остатков масел и смазок;

4) уборка кабины и салона;

5) очистка узлов и деталей, снятых для обслуживания и ремонта.

Для удаления всех видов загрязнения применяют несколько стадий мойки и очистки при помощи *механического и физико-химического методов*.

**Механический метод** основан на удалении загрязнений путем приложения к ним нормальных и тангенциальных сил воздействия. Он включает следующие способы и приемы очистки:

1) пневмодинамический – основан на использовании ударного воздействия воздушной волны (пистолеты для обдувки) и вакуума (пылесосы);

2) при помощи ударного воздействия твердых тел – заключается в применении удара твердых тел о поверхность очистки (гидропескоструйные установки) и очистки за счет упругой деформации (вибраторы);

3) гидродинамический – основан на использовании эффекта перемещения жидкости (роторные установки, барабаны и ванны), создания струи жидкости (струйные установки), направленного потока жидкости и кавитационной очистки (ванны с низко- и высокочастотными излучателями);

4) при помощи силового воздействия твердых тел – заключается в применении соскабливания и протирания (скребки, ерши, ветошь), а также точения, фрезерования, строгания и шлифования деталей (станки).

**Физико-химический метод** предполагает удаление или преобразование загрязнений за счет молекулярных превращений, растворения и образования эмульсий. Он может быть реализован с помощью следующих способов, приемов и оборудования:

1) травление и обезжиривание кислотными составами (ванны, циркуляционные и струйные установки);

2) травление и очистка в щелочных растворах и СМС (оборудование то же);

3) очистка в растворителях (оборудование то же);

4) термический способ – включает газопламенную очистку и выжигание (газовые горелки, лампы, печи), пароструйную очистку (пароструйные очистители), сушку и плавление (сушильные печи);

5) электрохимический способ – заключается в очистке деталей в кислых, щелочных и солевых ваннах;

6) термохимический способ – предполагает очистку в расплаве солей.

Рекомендации по выбору способов и средств очистки в зависимости от видов загрязнений приведены в [9, с. 42-59].

### 3.2. Классификация оборудования для УМР

Для уборки салонов легковых автомобилей могут быть использованы переносные пылесосы с электродвигателями мощностью 0,3...0,5 кВт; автобусов и фургонов – стационарные пылесосы с электродвигателями до 5...7 кВт [4, с. 65-70; 10, с. 110-130].

Мойку наружных поверхностей и шасси автомобиля производят холодной или подогретой до  $t = 25...30$  °С водой. Чтобы не разрушалась окраска кузова, разница температур между водой и поверхностью автомобиля не должна превышать 20 °С.

По способу выполнения различают мойку *ручную, механизированную и комбинированную*.

**Ручная мойка** производится из шланга с брандспойтом или моечным пистолетом струей воды низкого (0,2...0,4 МПа) или высокого (1...3 МПа и более) давления.

Установки высокого давления предназначены для мойки автомобилей и автобусов всех марок, а также технологической оснастки и помещений.

Данные установки просты в обслуживании и работе и могут использоваться при подключении к водопроводной системе и источнику электроэнергии для питания двигателя насоса.

Мойка осуществляется холодной водой или моющим раствором с температурой 40...90 °С.

Промышленностью выпускаются стационарная, шланговая, двухпостовая установка высокого давления модели М-107 и анало-



гичная передвижная установка М-125. Схема последней приведена в [4, с. 69].

**Механизированная мойка** осуществляется с помощью струйных, щеточных или комбинированных установок.

**Струйные установки** применяются при мойке автомобилей со сложной конфигурацией (самосвалы, седельные тягачи, специализированный ПС).

Их достоинствами являются: универсальность; простота конструкции; малая металлоемкость; компактность; отсутствие механического контакта с автомобилем, что исключает возможность повреждения наружных зеркал, антенн, стеклоочистителей и лакокрасочного покрытия; возможность очистки всех наружных поверхностей, а не только тех, где, например, вращаются щетки.

К недостаткам этих установок следует отнести большой расход воды (1200...3000 л на 1 грузовой автомобиль) и недостаточно высокое качество мойки.

В стране выпускаются: стационарная моющая установка модели 1152 производительностью 30...40 авт/ч; арочная передвижная – модели 631 – 10...15 авт/ч; стационарная автоматическая – модели М-129 – 50...70 авт/ч.

Схема установки модели М-129 приведена в [4, с. 67].

Кроме того, производится универсальная стационарная автоматическая установка модели М-121 (для мойки автомобилей снизу) производительностью 30...40 авт/ч и другое оборудование.

Основными направлениями совершенствования установок данного типа являются: создание устройств с меняющимся углом направления водяных струй; увеличение напора воды до 3 МПа; изготовление подвесных моечных установок; проектирование струйно-щеточных установок.

**Щеточные установки** используются для мойки легковых автомобилей, автобусов и фургонов.

К их преимуществам можно отнести: повышение качества мойки за счет механического воздействия вращающихся щеток на загрязненные поверхности; сокращение в 2...3 раза времени мойки по сравнению со струйными установками; уменьшение расхода воды и моющих средств.

Недостатками щеточных установок являются: сложность конструкции; возможность повреждения лакокрасочного покрытия

кузова при мойке, что приводит к потере блеска и образованию рисок; меньшая универсальность.

В настоящее время выпускаются: стационарные автоматические пятищеточные установки моделей М-115 и М-130 производительностью 30...40 авт/ч и 60...90 авт/ч – для мойки легковых автомобилей и микроавтобусов и аналогичные установки моделей И-1126 и М-123 производительностью 30...40 авт/ч – для мойки автобусов и фургонов; передвижная арочная трехщеточная установка модели М-124 производительностью 10...12 авт/ч и другое оборудование.

Схема установки модели М-115 приведена в [10, с. 122; 4, с. 69].

Основными направлениями модернизации оборудования данного вида являются: создание установок со сложной кинематикой движения щеток, автоматическим изменением направления их вращения и регулированием усилия прижатия к обмываемой поверхности; применение качающихся боковых щеток с изменяющимся углом наклона для повышения качества мойки бамперов, колес и топливных баков; обеспечение возможности быстрой замены щеток.

### 3.3. Расчет гидравлических параметров моечной машины

Качество мойки в значительной мере зависит от правильного выбора рабочего режима, мощности насоса и гидравлических параметров установки [9, с. 26-29].

Мощность насоса  $N$ , Вт, определяется по формуле

$$N = \frac{Q_p \cdot V \cdot H_p}{\eta}, \quad (3.1)$$

где  $Q_p$  – расчетная производительность насоса (расход воды на мойку), м³/с;  $V$  – плотность воды, кг/м³;  $H_p$  – расчетный напор перед соплом, м вод. ст.;  $\eta$  – КПД насоса.

Величина  $Q_p$ , м³/с, вычисляется следующим образом:

$$Q_p = \frac{\alpha \cdot k \cdot \mu \cdot F}{10} \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H}, \quad (3.2)$$

где  $\alpha$  – коэффициент запаса ( $\alpha = 1,1...1,3$ );  $k$  – количество сопел (принимается  $k = 50...200$ ), шт.;  $\mu$  – коэффициент расхода жидкости (значения приведены в [9, с. 27]);  $F$  – площадь поперечного сечения

отверстия сопла, м<sup>2</sup>;  $g$  – ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>;  $H$  – напор жидкости (принимается  $H = 25 \dots 110$  м вод. ст.), м вод. ст.

Расчетный напор перед соплом  $H_p$ , м вод. ст., вычисляется по формуле

$$H_p = 1,1 \cdot (h_T + h_M + h_C), \quad (3.3)$$

где  $h_T$  – потери напора в трубах, м вод. ст.;  $h_M$  – суммарные местные сопротивления трубопровода (значения приведены в [9, с. 28]), м вод. ст.;  $h_C$  – напор, необходимый для создания определенной скорости истечения жидкости, м вод. ст.

Скорость истечения жидкости  $V$ , м/с, можно определить следующим образом:

$$V = \frac{4 \cdot Q_p}{\pi \cdot d^2}, \quad (3.4)$$

где  $d$  – внутренний диаметр трубы, м.

Вычислив  $V$ , можно рассчитать  $h_C$ , м вод. ст.:

$$h_C = \frac{V^2}{\mu^2 \cdot g}, \quad (3.5)$$

где  $\mu = 0,95$ .

После определения  $h_C$ , м/с, необходимо проверить скорость истечения жидкости по формуле

$$V = \mu \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h_C}. \quad (3.6)$$

### 3.4. Расчет нагревательных элементов мойшей установки

При мойке автомобилей и их агрегатов используют паровые нагревательные элементы [9, с. 22-26].

Полное количество тепла  $Q_\Sigma$ , Вт, в единицу времени, необходимое для нагрева жидкости, определяется по формуле

$$Q_\Sigma = Q_{\text{пл}} + Q_{\text{пт}}, \quad (3.7)$$

где  $Q_{\text{пл}}$  – полезное тепло, расходуемое на нагрев мойшей жидкости, Вт;  $Q_{\text{пт}}$  – потери тепла при нагреве жидкости, Вт.

Величина  $Q_{\text{пл}}$ , Вт, вычисляется следующим образом:

$$Q_{\text{пл}} = P \cdot C_B \cdot (t_2^o - t_1^o), \quad (3.8)$$

где  $\Pi$  – количество воды, подогреваемой в единицу времени, кг/с;  $C_B$  – теплоемкость воды при данной температуре (значения  $C_B$  приведены в [9, с. 23]), кДж / кг · °С;  $t_1^o, t_2^o$  – начальная и конечная температуры нагрева воды, °С.

Потери тепла при нагреве жидкости  $Q_{\Pi T}$ , Вт, определяются по формуле

$$Q_{\Pi T} = k_1 \cdot F_C \cdot (t_2^o - t_1^o), \quad (3.9)$$

где  $k_1$  – коэффициент теплоотдачи через стенки подогревателя при однослойной изоляции, Вт / м² · °С;  $F_C$  – суммарная площадь стенок резервуара с водой, м².

Коэффициент  $k_1$ , Вт/м² · °С, можно определить следующим образом:

$$k_1 = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}}, \quad (3.10)$$

где  $\alpha_1$  – коэффициент теплопередачи от жидкости к нагреваемой стенке, Вт/м² · °С;  $\delta$  – толщина стенки, м;  $\lambda$  – коэффициент теплопроводности материала стенки (выбираем из [9, с. 24]), Вт/м² · °С;  $\alpha_2$  – коэффициент теплопередачи от металлической стенки к теплоизолятору, Вт/м² · °С.

Поверхность нагревательных элементов  $F$ , м², при газовом подогреве вычисляется по формуле

$$F = \frac{Q_{\Sigma}}{k_2 \cdot \left( \frac{t_{\Pi}^o + t_{OT}^o}{2} - \frac{t_1^o + t_2^o}{2} \right)}, \quad (3.11)$$

где  $t_{\Pi}^o$  – температура подаваемого перегретого пара, °С;  $t_{OT}^o$  – температура отработанного пара (конденсата), °С;  $k_2$  – коэффициент теплопередачи через стальные стенки труб к подогреваемой жидкости [вычисляется по формуле (3.10)], Вт/м² · °С.

Температура перегретого пара  $t_{\Pi}^o$ , °С, определяется следующим образом:

$$t_{\Pi}^o = \frac{Q_p + L_D \cdot c_{B3} \cdot t_B^o}{\sum mc}, \quad (3.12)$$

где  $Q_p$  – рабочая теплотворная способность топлива, Дж/кг;  
 $L_d$  – действительный расход воздуха (безразмерная величина);  
 $c_{вз}$  – удельная теплоемкость воздуха, Дж/кг · °С;  $t_B^o$  – температура воздуха, °С;  $\sum mc$  – средняя удельная массовая теплоемкость продуктов горения.

Необходимый расход пара  $g$ , кг/с, вычисляем по формуле

$$g = 1,2 \cdot \frac{Q_{\Sigma}}{A}, \quad (3.13)$$

где 1,2 – коэффициент компенсации расхода и потерь пара в нагревательном котле;  $A$  – теплосодержание 1 кг пара (определяется из таблиц при соответствующем давлении пара), Дж/кг.

Длину змеевика  $L_3$ , м, нагревательного элемента определяем следующим образом:

$$L_3 = \frac{F}{\pi \cdot d}, \quad (3.14)$$

где  $d$  – внутренний диаметр трубы змеевика, м.

Если нагревательный элемент выполнен в виде спирали, то число витков  $n$ , шт., равно

$$n = \frac{L_3}{\pi \cdot d}. \quad (3.15)$$

Схемы нагревательных устройств приведены в [9, с. 20-22].

## **4. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ РАЗБОРОЧНО-СБОРОЧНЫХ И РЕМОНТНЫХ РАБОТ**

### **4.1. Общие сведения о разборочно-сборочных и ремонтных работах**

Автомобиль является достаточно сложным изделием и состоит из 15...18 тысяч деталей [10, с. 17-19; 11, с. 204-207, 226-229]. В процессе эксплуатации у половины из них изменяются показатели качества.

У 3...4 тысяч деталей срок службы меньше, чем у самого автомобиля, 80...100 деталей влияют на безопасность движения, а 200...400 – ограничивают его надежность.

Именно две последние группы деталей чаще других требуют замены и вызывают наибольшие простои ТС.

На АТП выполняется большой объём работ по текущему ремонту агрегатов и узлов автомобилей. ТР автомобилей включает 2 основные группы работ: разборочно-сборочные и производственно-цеховые.

*Разборочно-сборочные работы* заключаются в замене неисправных агрегатов, узлов и деталей автомобиля на новые или отремонтированные.

Неисправные узлы могут быть частично разобраны и отремонтированы на постах ТР без снятия с автомобиля, либо на агрегатном участке – со снятием.

Агрегатные работы включают разборочно-сборочные, моечные, диагностические, регулировочные и контрольные операции по двигателю, коробке передач, рулевому управлению, ведущим мостам, передней оси и другим узлам, снятым с автомобиля для ТР.

*К работам подсобных производственных цехов* относится восстановление изношенных, разрушенных и деформированных деталей методом механической и термической обработки, а также сваркой, пайкой, гальванической обработкой, холодной или горячей правкой и другими ремонтными воздействиями.

Трудозатраты на проведение разборочно-сборочных работ составляют 27...37 % от трудоёмкости ТР автомобиля, а на проведение крепежных работ при ТО-2 и ТО-1 – соответственно 17...20 %.

Внедрение средств механизации при выполнении данных работ позволяет повысить производительность труда и их качество, а также сохранить 15...20 % подшипников, 10 % кронштейнов и до 25 % резьбовых деталей для повторного использования.

Крепежные соединения в автомобиле подразделяются на 3 группы:

1) резьбовые соединения, от которых зависит безопасность движения (рулевое управление, тормоза);

2) соединения, обеспечивающие прочность конструкции (крепление двигателя, коробки передач, рессор);

3) соединения, обеспечивающие герметичность систем (топливо-, воздухо-, водо- и маслопроводы).

Соединения первой группы проверяют наиболее тщательно с применением специальных приборов и ключей; соединения второй группы – наружным осмотром и пробным подтягиванием ключом; третьей группы – визуально по следу жидкости или падению давления на приборах и на слух (по шипению).

Оборудование для механизации разборочно-сборочных работ может быть разбито на 3 группы:

- 1) для запрессовки и распрессовки деталей;
- 2) для разборки и сборки резьбовых деталей;
- 3) для закрепления и ремонта деталей, узлов, агрегатов и машин.

Рассмотрим далее конструктивные особенности данного оборудования и методику расчёта его элементов.

## **4.2. Классификация оборудования для механизации разборки и сборки прессовых соединений**

В соединениях автомобиля достаточно часто применяются прессовые и переходные посадки для установки деталей с натягом [10, с. 36-42].

Среди этих соединений на подшипники приходится около 28 %, втулки – 23 %, шестерни – 13 %, пальцы, оси и штифты – 11 %, сальники – 8 %.

Прочность прессового соединения обусловлена тем, что посадочные поверхности втулки и вала находятся под воздействием сил, возникающих при сборке в результате упругой деформации растяжения и сжатия сопрягаемых деталей.

Снятие и установку деталей с гарантированным натягом выполняют путём приложения осевого усилия или использования тепловых деформаций деталей (нагрев втулки или охлаждение вала).

Механизация разборки и сборки соединений с натягом позволяет значительно сократить трудоёмкость этих работ, повысить сохранность деталей при разборке и качество сборки.

Применение смазки уменьшает величину усилия запрессовки на 10...20 %, а усилия распрессовки – до 50 %.

Основным оборудованием для разборки и сборки соединений с натягом являются прессы, съёмники и приспособления.

В зависимости от расположения штока и направления создаваемого усилия прессы могут быть *вертикальными* и *горизонталь-*

ными, а по характеру их использования – *стационарными и переносными*.

Кроме того, прессы делятся на *универсальные и специальные, ручные и приводные*.

**Ручные прессы** бывают реечными, винтовыми и эксцентриковыми, а **приводные** – пневматическими, гидравлическими, пневмогидравлическими и электромагнитными.

Применение оборудования с механизированным приводом позволяет увеличить производительность труда в 3...5 раз по сравнению с ручным. Поэтому при выполнении разборочных и сборочных работ наиболее часто используются прессы, съемники и приспособления с гидравлическим или пневматическим приводом.

Гидравлическая установка Р929 предназначена для механизации привода приспособлений и стендов при разборочно-сборочных работах. Она работает в автоматическом режиме и может одновременно обслуживать до 7 стендов. Насосная станция установки создает рабочее давление в магистрали, равное 10 МПа.

Схемы установки Р929 и её насосной станции приведены в [10, с. 38-39].

Стенд ПМ-402 для распрессовки деталей редуктора ведущего моста автомобиля ЗИЛ-130 состоит из пяти гидравлических съёмников. Зажим деталей производится вручную. Усилие при максимальном рабочем давлении в гидросистеме, равном 10 МПа, составляет 150 кН.

Схема стенда приведена в [10, с. 39-41].

Пневматические прессы ПМ-184-2,5 и ПМ-184-5 предназначены для выпрессовки пальцев поршней при разборке шатунно-поршневой группы; перепрессовки втулки головки шатуна; запрессовки обойм подшипников ступиц колёс, стакана ведущей шестерни и крышек редуктора; правки стержней и вырубки прокладок из фольги и картона.

Эти прессы развивают усилие соответственно 25 кН и 50 кН при рабочем давлении 0,4...0,5 МПа.

Схемы пневматических прессов ПМ-184-2,5 и ПМ-184-5 приведены [10, с. 41-42].



### 4.3. Оборудование для разборки и сборки резьбовых деталей

Сборку деталей и узлов автомобиля производят в основном при помощи резьбовых соединений, доля которых составляет около 70 % и значительно превышает количество сварных, клёпанных и других сопряжений [10, с. 31-36; 11, с. 206-209].

Например, в двигателе имеется 169 резьбовых соединений, в передней оси – 52, а в ведущем мосту – 64.

При капитальном ремонте АТС трудоёмкость разборки-сборки резьбовых деталей составляет 35...55 % от общей трудоёмкости разборочно-сборочных работ, на которые, в свою очередь, приходится около 40% трудозатрат на ремонт.

Для выполнения разборочно-сборочных работ при ТО и ТР автомобилей применяют различные инструменты и механизмы.

**В комплект инструментов автослесаря входят** стандартные рожковые, накидные и торцовые ключи, гайко-, шурупо-, шпильковёрты и различные отвертки.

Применение торцовых гаечных головок с коловоротом или трещоточной рукояткой повышает производительность данных работ соответственно на 25 % и 65 % по сравнению с рожковыми ключами.

Для равномерной затяжки резьбовых соединений, например, головки блока цилиндров, применяют динамометрические рукоятки.

Ниже приведены значения крутящих моментов для затяжки резьбовых деталей, изготовленных из сталей 30, 35.

Наружный диаметр резьбы, мм	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
Момент затяжки, Н·м	7	16	33	59	88	128	177	255	343	461

Для выполнения крепежных работ с моментом затяжки более 600...800 Н·м применяют ударные гайковерты с гидравлическим, пневматическим и электромеханическим приводами, причем два последних привода наиболее распространены.

Особенно большие моменты требуются при затяжке гаек крепления дисков колес – 700...800 Н·м и гаек стремянок рессор – 1,0...1,1 кН·м.

Гайковерты подразделяются на «высокоударные» (16...40 ударов в секунду) и «редкоударные» (до трёх ударов).

Промышленностью выпускаются 4 типа электромеханических гайковертов с высокой частотой ударов (модели ИЭ3117, ИЭ3113 и др.), массой 3,5 кг, наибольшим диаметром резьбы 12...16 мм и максимальным моментом затяжки от 63 до 120 Н·м.

Серийно выпускаются 4 вида редкоударных гайковёртов реверсивного исполнения (модели ИЭ3116, ИЭ3112 и др.) с массой от 5 до 12,5 кг, наибольшим диаметром резьбы 12...48 мм, максимальным моментом затяжки 700...2100 Н·м и энергией удара от 25 до 100 Дж.

По сравнению с другими гайковёртами редкоударные механизмы имеют в 10 раз большую энергию удара, на 15...35 % меньшую мощность электродвигателя, на 20...40 % меньшую массу и габариты и в 2...5 раз более высокий КПД.

При больших промежутках между ударами снижается уровень шума, а при стабильности энергии каждого удара эти гайковёрты позволяют выполнять тарифованную затяжку резьбовых соединений.

Также выпускаются 6 типов ударных пневматических гайковёртов (модели ИП3111, ИП3106 и др.) с массой от 2 до 9 кг, наибольшим диаметром резьбы 12...42 мм, максимальным моментом затяжки от 63 до 1500 Н·м и рабочим давлением воздуха 0,5 МПа.

Пневмогайковёрты имеют меньшую массу и габариты по сравнению с аналогичными электрическими механизмами. Пневматический двигатель резко снижает число оборотов при увеличении нагрузки, что уменьшает производительность и КПД гайковёрта. Кроме того, он создает повышенный шум.

Гайковёрты делают *ручными* и устанавливают на специальных эластичных подвесках или *передвижными* – на специальных тележках, в напольном или канавном исполнении.

Общий вид электромеханических гайковёртов моделей И-318, И-314 и схема ударного механизма гайковёрта приведены в [11, с. 207-208].

#### 4.4. Классификация оборудования для закрепления и ремонта деталей, узлов и агрегатов машин

В зависимости от объёмов работ разборку и сборку элементов автомобиля осуществляют *непоточным* или *поточным* методами [10, с. 17-30].

**Непоточный метод** предусматривает организацию работы на *универсальных, специализированных или смешанных* постах.

**Универсальные стенды** применяют для установки однотипных агрегатов различных моделей автомобилей или различных агрегатов одной модели автомобиля.

**Специализированные стенды** имеют наибольшее распространение.

**Одноместные стенды** используются на мелких предприятиях при выполнении всего процесса разборки и сборки на одном посту.

**Многоместные стенды** применяются на крупных авторемонтных предприятиях при разделении технологического процесса. Данные стенды обслуживаются одним или несколькими рабочими.

При работе на **комбинированных стендах** используются различные механизмы (прессы, гайковёрты), инструменты (гаечные ключи, отвертки, торцовые гаечные головки, динамометрические рукоятки) и приспособления (съёмники).

Рассмотрим конструктивные особенности некоторых стендов [10, с. 19-30].

Стенд модели Р715 предназначен для ремонта коробки передач автомобиля ГАЗ-24. Закрепление коробки осуществляется в тисках стенда при помощи винтового зажима, а разборку ее узлов выполняют после их установки на плите с помощью пневмогидравлической системы стенда.

На стенде для ремонта головок блока цилиндров двигателя ЗИЛ-130 предусмотрено выполнение разборки и сборки каждого клапана в отдельности при сжатии клапанной пружины рычагом, соединённым со штоком пневмокамеры, либо всех клапанов в сборе – при действии нажимной планки, соединённой со штоком пневмоцилиндра.

Стенд модели Р777 предназначен для облегчения процесса разборки-сборки коленчатых валов двигателей ГАЗ-53 и ЗИЛ-130 с последующим контролем торцового биения маховика при помощи индикатора часового типа.

Для механизации процесса сборки поршней с шатунами двигателя ЗИЛ-130 применяется стенд сборной конструкции, на котором смонтированы весы, светильник, теплоэлектронагреватель для нагрева поршней и приспособление с гидроприводом для запрессовки пальцев в поршни.

Стенд-кантователь предназначен для ремонта блока цилиндров автомобильных двигателей. Блок цилиндров с помощью грузоподъемного устройства устанавливается на упорах стенда и закрепляется ручным винтовым зажимом и ножным фиксатором с педалью. Поворот блока вокруг осей осуществляется вручную.

**Поточный метод разборки и сборки** обеспечивает неподвижность либо перемещение объектов ремонта.

Поточные линии могут быть *однопредметными, многопредметными, прерывно-поточными и непрерывно-поточными*.

При указанном методе оборудование и рабочие посты располагаются последовательно друг за другом в порядке очередности выполнения операций технологического процесса ТО или ремонта.

Данный метод позволяет повысить производительность труда персонала на 20 %.

Многопредметную поточную линию целесообразно использовать на авторемонтных предприятиях при выполнении незначительного объема работ, имеющих общие технологические условия.

На крупных специализированных АРЗах разборку и сборку автомобилей и агрегатов осуществляют на *конвейерах* или *эстакадах*.

Схема конвейера для разборки и сборки агрегатов приведена в [10, с. 19].

#### **4.5. Расчёт натяга и требуемого усилия при запрессовке и распрессовке деталей**

Последовательность расчета при запрессовке и распрессовке деталей приведена в работах [9, с. 32-33; 12, с. 333-339].

В зависимости от материалов запрессованных втулки и вала необходимо выбрать:

$E_D, E_d$  – модули упругости материалов втулки и вала [12, с. 335], Па;

$\sigma_{TD}, \sigma_{Td}$  – пределы текучести материалов при растяжении [13, с. 86-91], Па;

$f$  – коэффициент трения между поверхностями при распрессовке втулки и вала [12, с. 334];

$M_D, M_d$  – коэффициенты Пуассона для материалов втулки и вала [12, с. 335].

Величина минимального удельного давления  $P_{min}$ , Па, на контактной поверхности сопрягаемых деталей равна:

а) при нагружении осевой силой  $P$ , Н,

$$P_{min} = \frac{m}{\pi \cdot d_{HC} \cdot l \cdot f}, \quad (4.1)$$

где  $d_{HC}$  – диаметр номинального сечения втулки и вала, м;  
 $l$  – длина контакта поверхностей сопрягаемых деталей, м.

б) при нагружении крутящим моментом  $M_{KP}$ , Н · м,

$$P_{min} = \frac{2 \cdot M_{KP}}{\pi \cdot d_{HC}^2 \cdot l \cdot f}. \quad (4.2)$$

Минимальный расчётный натяг  $N_{min}$ , мм, определяется по формуле

$$N_{min} = P_{min} \cdot d_{HC} \cdot \left( \frac{C_D}{E_D} + \frac{C_d}{E_d} \right) \cdot 10^{-3}, \quad (4.3)$$

где  $C_D, C_d$  – конструктивные коэффициенты Ляме для втулки и вала [12, с. 335].

Величину минимального допускаемого натяга  $[N_{min}]$ , мм, можно вычислить по следующей зависимости:

$$[N_{min}] = N_{min} + U + U_t + U_{II} + U_{VD}, \quad (4.4)$$

где  $U$  – поправка, учитывающая сглаживание неровностей на поверхности деталей при их запрессовке, мм;  $U_t$  – поправка, учитывающая разницу между рабочей температурой деталей и температурой запрессовки (при механическом соединении деталей  $U_t = 0$ );  $U_{II}$  – поправка на ослабление натяга в быстровращающихся деталях (при  $V \leq 30$  м/с  $U_{II} = 0$ );  $U_{VD}$  – поправка на увеличение удельного давления у торцов втулки [12, с. 336].

При механической запрессовке деталей величина поправки  $U$ , мм, равна

$$U = 1,2 \cdot (R_{ZD} + R_{Zd}), \quad (4.5)$$

где  $R_{ZD}, R_{Zd}$  – параметры шероховатости поверхностей втулки и вала (выбираем из справочника [12, с. 535] для 6...8 классов шероховатости), мм.

Величину максимального удельного давления  $P_{max}$ , Па, на поверхностях втулки и вала вычисляем по формулам

$$P_{max} = 0,58 \cdot \sigma_{TD} \cdot \left[ 1 - (d_{HC} / d_2)^2 \right]; \quad (4.6)$$

$$P_{max} = 0,58 \cdot \sigma_{Td} \cdot \left[ 1 - (d_1 / d_{HC})^2 \right], \quad (4.7)$$

где  $d_1$  – внутренний диаметр пустотелого вала (для сплошного вала  $d_1 = 0$ ), м;  $d_2$  – наружный диаметр напрессованной втулки, м.

Величина максимального расчетного натяга  $N_{max}$ , мм, равна

$$N_{max} = P_{max} \cdot d_{HC} \cdot \left( \frac{C_D}{E_D} + \frac{C_d}{E_d} \right) \cdot 10^{-3}, \quad (4.8)$$

где  $P_{max}$  – наименьшее значение из  $P_{max D}$  или  $P_{max d}$ , Па.

Максимальный допускаемый натяг  $[N_{max}]$ , мм, определяется по формуле

$$[N_{max}] = (N_{max} + U) \cdot U_{yD}. \quad (4.9)$$

Стандартная прессовая посадка предпочтительного применения (см. справочник [12, с. 153-157]) выбирается из условий

$$N_{min.П} > [N_{min}], \quad (4.10)$$

$$N_{max.П} < [N_{max}], \quad (4.11)$$

где  $N_{min.П}$ ,  $N_{max.П}$  – минимальный и максимальный натяги выбранной посадки.

Средний натяг посадки  $N_{CP.П}$ , мм, равен

$$N_{CP.П} = \frac{N_{min.П} + N_{max.П}}{2}. \quad (4.12)$$

Необходимое усилие  $P_3$ , Н, при запрессовке деталей вычисляется по формуле

$$P_3 = \pi \cdot d_{HC} \cdot l \cdot f \cdot e, \quad (4.13)$$

где  $e$  – напряжение сжатия на контактной поверхности деталей, Па.

Величина  $e$ , Па, определяется следующим образом:

$$e = \frac{N_{cp.П} \cdot 10^{-3}}{d_{HC} \cdot \left( \frac{C_D}{E_D} + \frac{C_d}{E_d} \right)}. \quad (4.14)$$

Усилие для распрессовки деталей рекомендуется применять на 10...30 % больше, чем при запрессовке.

#### 4.6. Расчёт зубчатой передачи ручного реечного пресса

Ручные реечные прессы применяются при выполнении работ с усилием не более 1500 Н [9, с. 33-35, 50-58; 14, с. 46-59].

На рис. 4.1 приведен пресс для запрессовки и выпрессовки поршневого пальца.

Приспособление состоит из корпуса 3, на котором установлены кронштейн 2 и бабка 6, в которой смонтированы шток-рейка 9 и шестерня 8.

На вал шестерни насажен маховичок 7, при вращении которого выдвигается шток-рейка, производящая запрессовку и распрессовку пальца поршня 4, расположенного на подставке 5.

В зависимости от требуемого усилия  $Q$  на штоке прессы применяют простые реечные прессы с непосредственным воздействием на шток-рейку шестерни, сидящей на валу маховика (рис. 4.1), или прессы с перебором, т.е. с промежуточным включением двух или трёх пар дополнительных шестерён 1, 2, 3, 4 (рис. 4.2).

*Исходные данные для расчёта:*

1) усилие на рукоятке  $P_p = 150...200$  Н, при продолжительной работе  $P_p = 120...150$  Н;

2) длина рукоятки или плеча маховика  $l_p = 150...200$  мм;

3) частота вращения маховика  $n = 20...30$  мин<sup>-1</sup>;

4) число зубьев шестерни, находящейся в зацеплении со шток-рейкой,  $z = 10...12$  шт.

Усилие на штоке прессы  $Q$  может создаваться резким рывком рукоятки маховика. Поэтому крутящий момент  $M_{кр}$ , Н · м, на валу шестерни, находящейся в зацеплении со штоком-рейкой, рассчитывается по удвоенной силе  $Q$ :

$$M_{кр} = \frac{2 \cdot Q \cdot d}{2} = Q \cdot d, \quad (4.15)$$

где  $Q$  – требуемое усилие запрессовки или распрессовки деталей, Н;  $d$  – диаметр делительной окружности шестерни, находящейся в зацеплении со штоком-рейкой, м.

Величина  $d$ , м, равна

$$d = m \cdot z \cdot 10^{-3}, \quad (4.16)$$

где  $m$  – модуль зубьев шестерни и рейки, мм.

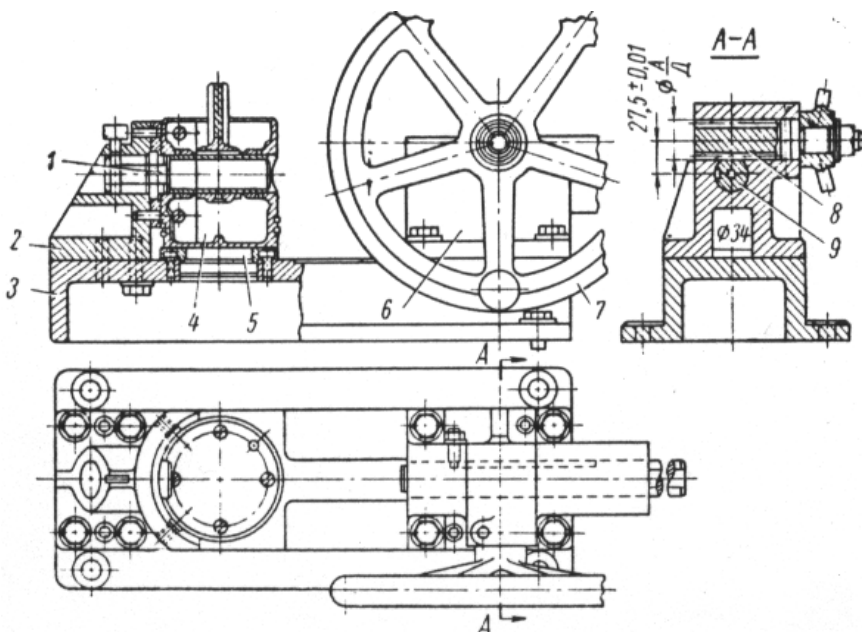


Рис. 4.1. Приспособление для запрессовки и выпрессовки поршневого пальца: 1 – упор; 2 – кронштейн; 3 – корпус; 4 – поршень; 5 – подставка поршня; 6 – бабка; 7 – маховичок; 8 – шестерня; 9 – шток-рейка

Модуль зубьев  $m$ , мм, определяется из расчета на изгиб:

$$m \geq 10 \cdot \sqrt[3]{\frac{M_p \cdot K_H}{\psi \cdot y \cdot z \cdot [\sigma_H]}}, \quad (4.17)$$

где  $M_p$  – расчетный момент, Н·м;  $K_H$  – коэффициент, учитывающий износ зубьев (для открытых передач  $K_H = 1,3 \dots 1,8$ ; для закрытых –  $K_H = 1,0$ );  $\psi$  – коэффициент отношения длины зуба к модулю зацепления (принимается  $\psi = 8 \dots 12$ );  $y$  – коэффициент формы зуба ([9, с. 57] или [14, с. 47]);  $[\sigma_H]$  – допускаемое напряжение на изгиб материалов шестерни и рейки [13, с. 86-97], Па.

Величина  $M_p$ , Н·м, определяется по формуле

$$M_p = K_K \cdot M_{кр}, \quad (4.18)$$

где  $K_K$  – коэффициент концентрации нагрузки (при симметричном расположении зубчатых колес относительно опор  $K_K = 1,2 \dots 1,3$ ; при несимметричном или консольном расположении  $K_K = 1,4 \dots 1,6$ ).



Полученное значение  $m$  округляют в большую сторону до ближайшей стандартной величины ([14, с. 48] или [15, с. 308]).

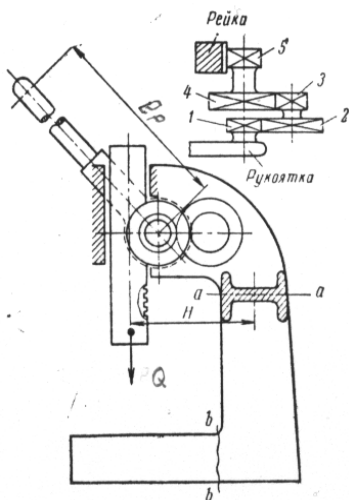


Рис. 4.2. Схема реечного пресса с перебором

Если шестерня и шток-рейка изготовлены из разных материалов, то расчет проводится по тому из них, для которого  $y$  и  $[\sigma_H]$  имеют меньшее значение.

Крутящий момент на рукоятке маховика равен

$$M_{KP.P} = P_p \cdot l_p.$$

Общее передаточное число механизма редуктора пресса определяется следующим образом:

$$i = \frac{M_{KP}}{M_{KP.P} \cdot p \cdot \eta}, \quad (4.19)$$

где  $\eta$  – общий коэффициент полезного действия редуктора пресса (равен произведению КПД его отдельных элементов  $\eta = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3 \dots$ ).

Для каждой пары промежуточных шестерен редуктора передаточное число целесообразно принять равным 1,5.

Значения КПД отдельных элементов передач приведены в табл. 4.1.

В связи с небольшим количеством циклов нагружений рабочие поверхности зубьев шестерен рассчитываются не на прочность, а только на изгиб.

Максимальное изгибающее напряжение  $\sigma_H$ , Па, у основания зуба на стороне растяжения определяется по формуле

$$\sigma_H = \frac{2 \cdot M_{KP} \cdot K}{b \cdot d \cdot m \cdot y} \leq [\sigma_H], \quad (4.20)$$

где  $K$  – коэффициент, учитывающий характер нагрузки (при равномерной нагрузке  $K = 1$ ; при неравномерной с незначительными толчками –  $K = 1,10 \dots 1,15$ ; при ударной –  $K = 1,2$ );  $b$  – ширина шестерни, м.

Материалы зубчатых колес выбираются из [14, с. 48].

Таблица 4.1

Значения КПД элементов передач

Элементы передач	Значения $\eta_i$
Подшипники: качения скольжения	0,980...0,995 0,95...0,97
Барабаны	0,98...0,99
Зубчатые передачи: открытые работающие в масляной ванне	0,96...0,98 0,990...0,995
Передачи: цепные ременные фрикционные	0,95...0,97 0,990...0,995 0,92...0,94

#### 4.7. Расчёт храпового механизма реечного пресса

Схема храпового механизма пресса [9, с. 35-36] приведена на рис. 4.3.

Зубья храпового колеса проверяются на изгиб под действием силы  $K$ ,  $H$ , равный

$$K = \frac{2 \cdot M_{KP.P}}{D_X}, \quad (4.21)$$

где  $D_X$  – диаметр храповика, м, рассчитываемый по зависимости

$$D_X = \frac{Z_X \cdot t}{\pi}, \quad (4.22)$$

где  $Z_X$  – число зубьев храпового колеса (принимается  $Z_X = 8...12$ );  
 $t$  – шаг зубьев по наружной окружности, м.

Шаг храповика  $t$ , м, можно вычислить по формуле

$$t = 3,75 \cdot \sqrt[3]{\frac{M_{KP.P}}{Z_X \cdot [\sigma_H] \cdot \frac{b}{t}}}, \quad (4.23)$$

где  $b$  – ширина зубьев храпового колеса (принимается  $b = (1...1,5) \cdot t$ ), м;  $[\sigma_H]$  – допускаемое напряжение материала храповика на изгиб (для чугуна  $[\sigma_H] = 20...30$  МПа, для стали  $[\sigma_H] = 50...60$  МПа), Па.

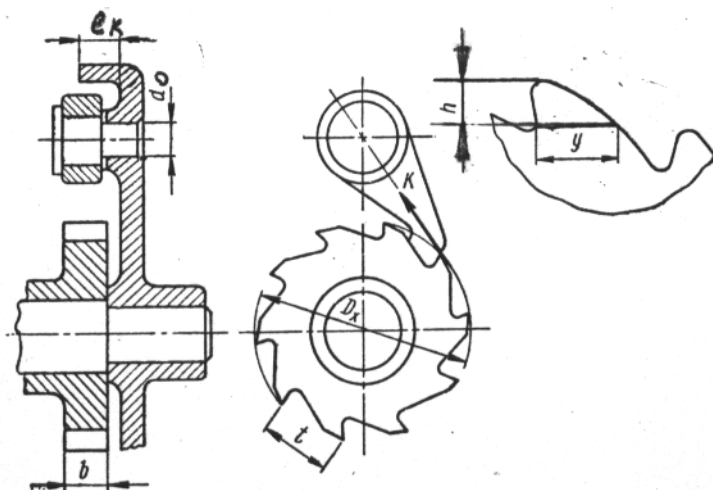


Рис. 4.3. Храповой механизм реечного пресса

Напряжение  $\sigma_H$ , Па, на изгиб зубьев храповика определяется следующим образом:

$$\sigma_H = \frac{6 \cdot K \cdot h}{b \cdot y^2} \leq [\sigma_H], \quad (4.24)$$

где  $h = 0,35 \cdot t$ ;  $y = 0,5 \cdot t$ .

Величина удельного давления  $q$ , Па, в месте соприкосновения собачки и зуба колеса вычисляется по формуле

$$q = \frac{K}{b \cdot h} \leq [q], \quad (4.25)$$

где  $[q]$  – допускаемое удельное давление (принимаем  $[q] = 10$  МПа), Па.

Ось собачки проверяется на изгиб, Па, как консольная балка с вылетом  $l_K$ :

$$\sigma_H = \frac{K \cdot l_K}{0,1 \cdot d_o^3} \leq [\sigma_H], \quad (4.26)$$

где  $[\sigma_H]$  – допускаемое напряжение материала оси собачки на изгиб (для стали  $[\sigma_H] = 70 \dots 80$  МПа), Па.

Расчёт винтового приспособления для запрессовки и распрессовки деталей приведен в [9, с. 37-44].

#### 4.8. Проектирование схемы гидропривода поступательного движения пресса

Большое количество технологического оборудования для ТО и ТР подвижного состава АТ (прессы, съёмники, грузоподъемные устройства и др.) имеют гидравлический (ГП) или пневматический (ПП) приводы, расчёт которых принципиально не отличается друг от друга [16, с. 5-10].

Основанием для разработки схемы ГП являются требования к гидроприводу и условия его работы.

Принципиальная схема ГП разрабатывается на основе типовых схем и определяет состав его элементов и связи между ними.

Условные обозначения отдельных элементов ГП приведены в [17, с. 495-502].

При проектировании гидравлической схемы рекомендуется применять нормализованную гидроаппаратуру, т.к. использование специальных узлов и деталей увеличивает стоимость ГП.

Рассмотрим схему гидропривода поступательного движения, в которой выходным элементом является гидроцилиндр, скорость перемещения поршня которого и его положение при необходимости могут регулироваться (рис. 4.4).

На схеме показано нейтральное положение рукоятки крана управления 6, при котором шток гидроцилиндра 7 не перемещается.

При включении насоса 3 и перемещении крана управления 6 в крайнее правое положение жидкость из гидробака 1 будет поступать в левую полость гидроцилиндра 7, перемещая его шток вправо.

Жидкость при этом из правой полости через дроссель 5 и фильтр 2 будет перетекать в гидробак.

При перемещении крана управления в крайнее левое положение жидкость будет поступать в правую полость гидроцилиндра, перемещая шток влево.

Рассчитывая ГП, необходимо задать давление жидкости, создаваемое гидронасосом РН, которое обеспечит необходимое усилие  $R$  на штоке гидроцилиндра.

Величина давления  $P_H$  определяет размеры элементов гидропривода: высокое давление уменьшает размеры, но требует применения дорогостоящих насосов и обеспечения высокой герметичности соединений.

Исследования показали, что минимальная стоимость ГП достигается, если величина рабочего давления насоса в среднем составляет:

- 1) для станочных ГП –  $P_H = 6,3$  МПа и ниже;
- 2) для ГП валочных и трелёвочных машин  $P_H = 10$  МПа;
- 3) для ГП строительно-дорожных машин  $P_H = 32...40$  МПа.

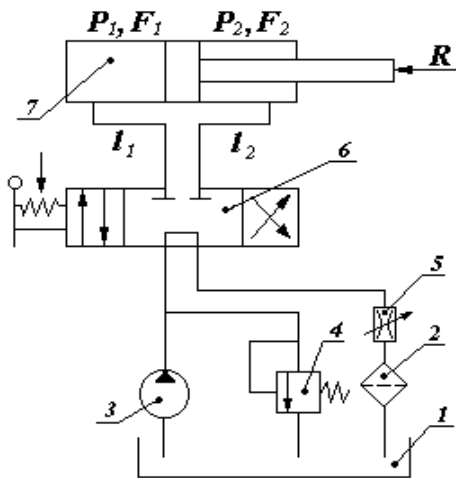


Рис. 4.4. Принципиальная схема ГП поступательного движения:

1 – гидробак; 2 – фильтр;  
3 – нерегулируемый насос;  
4 – предохранительный  
редукционный клапан  
непрямого действия;  
5 – регулируемый дроссель  
(заслонка); 6 – кран  
управления (золотник);  
7 – гидроцилиндр  
двустороннего действия;  
 $P_1, P_2, F_1, F_2$  – давления  
и полезные площади  
в полостях гидроцилиндра;  
 $l_1, l_2$  – длины трубопроводов,  
соединяющие все элементы  
ГП

По ГОСТ 12445-80 величину рабочего давления гидронасоса  $P_H$  (МПа) следует выбирать из ряда:

...1; 1,6; 2,5; 4; 6,3; 10; 12,5; 16; 20; 25;  
32; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250.

Номинальный расход жидкости  $Q_H$  (л/мин) определяется скоростью перемещения поршня гидроцилиндра и размерами гидронасоса и выбирается по ГОСТ 13825-80 из ряда:

1; 1,6; 2,5; 3,2; 4; 5; 6,3; 8; 10; 12,5; 16; 20; 25; 32; 40; 50;  
63; 80; 100; 125; 160; 200; 250; 320; 400; 500; 630; 800; ...

При правильно выбранном расходе жидкости общие потери давления в гидросистеме не должны превышать 5...6 % от давления гидронасоса.

## 4.9. Определение основных параметров гидроцилиндра

Исходными данными для расчёта являются следующие значения:

- 1) усилие, создаваемое на штоке поршня гидроцилиндра,  $R = 10...70$  кН;
- 2) ход поршня  $S = 320...800$  мм;
- 3) время рабочего хода поршня  $t_p = 5...15$  с;
- 4) отношение времени холостого (обратного) хода поршня к рабочему времени  $t_x/t_p = 0,6...0,8$ ;
- 5) длина трубопроводов, соединяющих все элементы ГП,  $l_1, l_2 = 2...9$  м;
- 6) температура масла в гидросистеме  $T_M = 50...70$  °С [16, с. 13-20].

Диаметр гидроцилиндра  $D$ , м, определяется по формуле

$$D = \sqrt{\frac{4}{\pi} \cdot \frac{R + T}{(P_H - \Delta P_{31} - \Delta P_1) - \left(\frac{t_x}{t_p}\right) \cdot (\Delta P_{32} + \Delta P_2 + \Delta P_{др} + \Delta P_\phi)}}, \text{ м} \quad (4.27)$$

где  $T$  – сила трения между поршнем и гидроцилиндром (принимается  $T = (0,02...0,10) \cdot R$ ), Н;  $P_H$  – номинальное давление, создаваемое гидронасосом (определяется в зависимости от типа выбранного насоса [16, с. 16-18]), Па;  $\Delta P_{31}, \Delta P_{32}$  – перепады давлений на золотнике, Па;  $\Delta P_1, \Delta P_2$  – перепады давлений в трубопроводах, Па;  $\Delta P_{др}$  – перепад давлений на дросселе, Па;  $\Delta P_\phi$  – перепад давлений в фильтре, Па.

На схеме гидропривода, представленной на рис. 4.4, предусмотрен *нерегулируемый насос*.

В качестве такого насоса можно выбрать: шестеренчатые насосы типа НШ или Г11, БГ11; пластинчатые насосы Г12 или БГ12; аксиально-поршневые насосы типа НА и НС, характеристики которых приведены в методических указаниях [16, с. 16-18].

Насосы типа НШ рассчитаны на номинальное давление, равное  $P_H = 10$  МПа; Г11 и БГ11 – 2,5 МПа; Г12 – 6,3 МПа; БГ12 – 12,5 МПа; НА и НС – 32 МПа.

Ориентировочно давление  $P_H$ , создаваемое гидронасосом, назначается в зависимости от величины усилия на штоке поршня гидроцилиндра  $R$ :

Усилие на штоке гидроцилиндра, $R$ , кН	Номинальное давление гидронасоса, $P_H$ , МПа
10...20	$\leq 1,6$
20...30	$\leq 3,2$
30...50	$\leq 6,3$
50...100	$\leq 10,0$

Ниже приведены значения перепадов давлений, МПа, в гидро-аппаратуре:

золотник	0,20
клапан обратный	0,15
дроссель	0,20
клапан редукционный	0,50
фильтр пластинчатый или сетчатый	0,10

Перепады давлений в трубопроводах на первой стадии расчета определить нельзя, поэтому принимаем  $\Delta P_1$ ,  $\Delta P_2$  равны 0,2 МПа.

Вычисленные значения диаметра гидроцилиндра округляются затем по ГОСТ 12447-80 в большую сторону до ближайшего стандартного значения из ряда (мм):

5; 8; 10; 14; 16; 18; 20; 25; 28; 32; 36; 40; 45; 50; 56;  
63; 70; 80; 90; 100; 110; 125; 140; 160; 180; 200; ...

Диаметр штока  $D_{ш}$ , м, поршня вычисляется по следующей зависимости:

$$D_{ш} = D \cdot \sqrt{1 - t_x / t_p} . \quad (4.28)$$

Основные параметры гидроцилиндров выбираются из [16, с. 20] или [18, с. 84-104].

Для штоков, работающих на сжатие, отношение хода поршня  $S$  к диаметру гидроцилиндра  $D$  должно соответствовать неравенству  $S < 10 \cdot D$ .

При  $S > 10 \cdot D$  диаметр штока  $D_{ш}$  необходимо проверить на возможность продольного изгиба.

Величину заделки штока принимают равной диаметру гидроцилиндра  $D$ , а длину образующей поршня –  $0,8 \cdot D$ .

Толщину стенки гидроцилиндра  $\delta$ , м, можно определить по формуле Лямэ:

$$\delta = \frac{D}{2} \cdot \left( \sqrt{\frac{[\sigma_p] + 0,4 \cdot P_H}{[\sigma_p] - 1,3 \cdot P_H}} - 1 \right), \quad (4.29)$$

где  $[\sigma_P]$  – допускаемое напряжение на растяжение материала гидроцилиндра (для стали  $[\sigma_P]=50\ldots 60$  МПа, для чугуна  $[\sigma_P]=15$  МПа), Па;  $P_H$  – номинальное давление, Па.

При отношении  $D/\delta > 16$  толщина стенки гидроцилиндра  $\delta$ , м, вычисляется по следующей зависимости:

$$\delta = \frac{K \cdot P_H \cdot D}{2 \cdot [\sigma_P]}, \quad (4.30)$$

где  $K$  – коэффициент запаса (принимается  $K = 1,25$ ).

#### 4.10. Проверочный расчёт элементов гидропривода

Количество жидкости  $Q_{Ц1}$ , м<sup>3</sup>/с, поступающей в левую (рабочую) полость гидроцилиндра, равно

$$Q_{Ц1} = V_{ПП} \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4}, \quad (4.31)$$

где  $V_{ПП}$  – скорость рабочего перемещения поршня, м/с [16, с. 14-21].

Величину  $V_{ПП}$ , м/с, можно определить по формуле

$$V_{ПП} = \frac{S}{t_P}. \quad (4.32)$$

С учетом утечек жидкости её расход (подача гидронасоса)  $Q_H$ , м<sup>3</sup>/с, вычисляется следующим образом:

$$Q_H = (Q_{Ц1} + \Delta Q_{Ц}) \cdot Z + \Delta Q_3 + \Delta Q_{ПК}, \quad (4.33)$$

где  $\Delta Q_{Ц}$  – утечки жидкости в гидроцилиндре, м<sup>3</sup>/с;  $\Delta Q_3$  – утечки жидкости в золотнике, м<sup>3</sup>/с;  $\Delta Q_{ПК}$  – утечки жидкости через предохранительный клапан (принимается  $\Delta Q_{ПК} = 0,1 \cdot Q_H$ ), м<sup>3</sup>/с;  $Z$  – число гидроцилиндров, шт.

Величину  $\Delta Q_{Ц}$  выбирают из справочников [16, с. 20] или [18, с. 84-104].

Ниже приводятся значения  $\Delta Q_3$  в зависимости от  $d$ :

диаметр условного

сечения трубопровода, мм      8          10          12          16          20          32

утечки  $\Delta Q_3$

при  $P_H = 20$  МПа, см<sup>3</sup>/мин      50          100          150          200          250          300



Вычисленные значения расхода жидкости  $Q_H$  округляются затем в большую сторону по ГОСТ 13825-80 (см. п. 4.8).

Для выбора гидронасоса необходимо вычислить его рабочий объём  $q$ , м<sup>3</sup>:

$$q = \frac{Q_H}{n \cdot \eta_O}, \quad (4.34)$$

где  $n$  – частота вращения ротора гидронасоса, с<sup>-1</sup>;  $\eta_O$  – объёмный КПД гидронасоса. Их значения берутся из [16, с. 16-18].

После выбора насоса уточняем расход жидкости  $\Delta Q_{ПК}$ , м<sup>3</sup>/с, сбрасываемой в гидробак через предохранительный клапан:

$$\Delta Q_{ПК} = q \cdot n \cdot \eta_O - Q_{Ц1} - \Delta Q_{Ц} - \Delta Q_{31}. \quad (4.35)$$

Внутренний диаметр трубопроводов  $d$ , м, вычисляется следующим образом:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_{Ц1}}{\pi \cdot V_{Ж}}}, \quad (4.36)$$

где  $V_{Ж}$  – скорость истечения рабочей жидкости, м/с.

Ниже приведены значения  $V_{Ж}$  в зависимости от  $P_H$ :

рабочее давление						
гидронасоса $P_H$ , МПа	2,5	6,3	16,0	32,0	63,0	100,0
скорость истечения						
рабочей жидкости $V_{Ж}$ , м/с	2,0	3,2	4,0	5,0	6,3	10,0

Вычисленные значения внутреннего диаметра трубопроводов  $d$  округляются затем в большую сторону по ГОСТ 16516-80 до ближайшего стандартного значения из ряда (мм):

4; 5; 6; 8; 10; 12; 16; 20; 25; 32; 40; 50.

Уточнив значение  $d$ , находим среднюю скорость  $V_{CP}$ , м/с, истечения рабочей жидкости по трубопроводам:

$$V_{CP} = \frac{4 \cdot Q_{Ц1}}{\pi \cdot d^2}. \quad (4.37)$$

В гидроприводах применяются стальные бесшовные трубы [17, с. 337], медные трубы [17, с. 337] и рукава высокого давления [17, с. 338-340].

Технические характеристики жёстких и эластичных трубопроводов и арматуры приведены в справочнике [18, с. 195-202].

#### 4.11. Выбор гидроаппаратуры

К гидроприводу, представленному на рис. 4.4, необходимо выбрать гидроаппаратуру, которая удовлетворяет расчётным данным по величине рабочего давления гидронасоса  $P_H$  и расходу жидкости  $Q_H$  [16, с. 8-13, 16-22].

*Рабочая жидкость в ГП* применяется для передачи энергии от насоса к гидроцилиндру, для смазки и антикоррозионной защиты трущихся поверхностей.

Для обеспечения работоспособности гидропривода в районах с холодным климатом жидкость должна иметь температуру застывания на  $10...15\text{ }^{\circ}\text{C}$  ниже рабочей температуры, вязкость при  $+50\text{ }^{\circ}\text{C}$  – не менее  $0,1\text{ см}^2/\text{с}$ , при  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$  – не более  $15\text{ см}^2/\text{с}$ .

В качестве рабочих жидкостей и их заменителей используются следующие основные сорта [12, с. 290-293; 18, с. 20-23]:

1. Гидравлическое масло ВМГЗ для всесезонной эксплуатации машин в диапазоне температур от  $-58$  до  $+70\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Заменителями являются: промышленное масло И-12; веретённые масла АУ, АУП; приборное МВП; трансформаторное АМГ-10 и другие.

2. Гидравлическое масло МГ-30 для летней эксплуатации гидроприводов в районах с умеренным климатом.

В качестве заменителей допускается применять: промышленное масло И-30; автомобильные моторные АС-6, АС-8 (автол); дизельные Дп-8, Дп-11 и т.д.

*Гидробак* состоит из крышки с уплотнением, заливной горловины, фильтра для заправки рабочей жидкости, сапуна, пробки или крана для ее слива.

По форме гидробаки изготавливают в виде цилиндра, куба или параллелепипеда.

Уровень жидкости в баке не должен превышать 80 % от его высоты. Параметры сапуна берутся из справочника [18, с. 203-205].

*Фильтр* предназначен в основном для очистки рабочей жидкости от материалов абразивного износа трущихся пар.

Он эффективно защищает только тот элемент ГП, который установлен непосредственно после фильтра, а остальная гидроаппаратура получает лишь частичную защиту.

Тип фильтра выбирается в зависимости от размера механических загрязнений:

Тип фильтра	Размеры механических частиц, мкм
ФС или С42-5	25...80
С41-1 или Г42-МЗ	80...160

Если один фильтр имеет пропускную способность меньше расчётной, то в гидросистему необходимо включить два фильтра.

Основные размеры и характеристики фильтров приведены в справочнике [18, с. 213].

Параметры нерегулируемых гидронасосов выбираются из методических указаний [16, с. 16-18].

*Предохранительный редуционный клапан* позволяет поддерживать установленное давление в гидросистеме, сниженное по отношению к давлению, создаваемому гидронасосом. Настройку клапана осуществляют регулировочным винтом.

Технические характеристики, габариты и размеры присоединительных поверхностей клапанов приведены в справочнике [18, с. 184-186].

*Регулируемый дроссель (заслонка) с обратным клапаном* служит для ограничения потока рабочей жидкости в одном направлении и её свободного протекания – в другом.

Параметры дросселей берутся из справочника [18, с. 190].

*Кран управления (золотник)* предназначен для изменения направления потока рабочей жидкости путём полного открытия или закрытия проходного сечения трубопроводов.

С помощью золотника осуществляют запуск штока гидроцилиндра, изменение направления его движения и остановку.

Основные характеристики, габариты и присоединительные размеры кранов с золотниковым запорно-регулирующим элементом приведены в справочнике [18, с. 115-133].

Параметры гидроцилиндров выбираются из [16, с. 20] и [18, с. 84-104].

#### **4.12. Расчет размеров гидробака**

Размеры гидробака определяются исходя из теплового расчёта ГП [16, с. 29-30; 17, с. 9]. Для заданной температуры масла необхо-

димо вычислить площадь трубопроводов и бака, через которые происходит теплообмен с окружающей средой.

Площадь трубопроводов  $F_{TP}$ , м<sup>2</sup>, определяется по формуле

$$F_{TP} = \pi \cdot d \cdot (l_1 + l_2) . \quad (4.38)$$

Площадь стенок гидробака  $F_B$ , м<sup>2</sup>, вычисляется следующим образом:

$$F_B = a \cdot b + 2 \cdot a \cdot h + 2 \cdot b \cdot h , \quad (4.39)$$

где  $a, b, h$  – соответственно длина, ширина и глубина масла в баке, м.

При выборе размеров бака можно принять  $b = 0,6 \cdot a$  и  $h = 0,5 \cdot a$ , тогда  $F_B = 2,2 \cdot a^2$ .

В этом случае длина  $a$ , м<sup>2</sup>, гидробака будет равна

$$a = \sqrt{\frac{F_B}{2,2}} . \quad (4.40)$$

При установившемся тепловом режиме и балансе энергии площадь стенок бака  $F_B$ , м<sup>2</sup>, можно рассчитать по формуле

$$F_B = \frac{N_P \cdot t_P + N_X \cdot t_X - N_{\text{Э}} \cdot t_P}{K_B \cdot (T_M - T_O) \cdot (t_P + t_X)} - \frac{K_{TP} \cdot F_{TP}}{K_B} , \quad (4.41)$$

где  $N_P, N_X$  – мощность на валу гидронасоса при рабочем и холостом ходе поршня гидроцилиндра, Вт;  $N_{\text{Э}}$  – эффективная мощность гидроривода, Вт;  $T_M, T_O$  – соответственно температура масла и окружающей среды, °C;  $t_P, t_X$  – время рабочего и холостого (обратного) хода штока гидроцилиндра, с;  $K_B$  – коэффициент теплопередачи гидробака (принимаем  $K_B = 8...12$  Вт/м<sup>2</sup> · °C; при обдуве бака  $K_B = 20...25$  Вт/м<sup>2</sup> · °C; для гидробака с водяным охлаждением  $K_B = 100...120$  Вт/м<sup>2</sup> · °C), Вт/м<sup>2</sup> · °C;  $K_{TP}$  – коэффициент теплопередачи трубопроводов (принимаем  $K_{TP} = 12...16$  Вт/м<sup>2</sup> · °C), Вт/м<sup>2</sup> · °C.

Значение  $N_P$ , Вт, вычисляется следующим образом:

$$N_P = \frac{Q_H \cdot P_H}{\eta} , \quad (4.42)$$

где  $\eta$  – полный КПД гидронасоса [16, с. 16-18]).

Мощность холостого хода поршня гидроцилиндра  $N_X$ , Вт, рассчитывается по формуле

$$N_X = \frac{P_{HX} \cdot t_X}{\eta}, \quad (4.43)$$

где  $P_{HX}$  – давление, создаваемое гидронасосом при холостом ходе поршня гидроцилиндра, Па.

Величина  $P_{HX}$ , Па, определяется (см. схему гидропривода рис. 4.4) по следующей зависимости:

$$P_{HX} = \Delta P_{31} + \Delta P_{32} + \Delta P_1 + \Delta P_2 + \Delta P_{др} + \Delta P_{\phi}. \quad (4.44)$$

Значение эффективной мощности гидропривода  $N_{\Sigma}$ , Вт, вычисляется по формуле

$$N_{\Sigma} = R \cdot V_{\text{пр}} \cdot Z, \quad (4.45)$$

где  $R$  – усилие, создаваемое на штоке поршня гидроцилиндра, Н;  $V_{\text{пр}}$  – скорость рабочего перемещения поршня, м/с;  $Z$  – число гидроцилиндров, шт.

Определим объём гидробака  $V$ , м<sup>3</sup>, по следующей зависимости:

$$V = 1,2 \cdot a \cdot b \cdot h. \quad (4.46)$$

Найденное значение  $V$  округляем затем в большую сторону по ГОСТ 12448-80 до ближайшего стандартного значения из ряда (дм<sup>3</sup>):

1,0; 1,6; 2,5; 4,0; 6,3; 10; 16; 25;  
40; 63; 100; 125; 160; 200; 250;...

На этом расчёт гидропривода завершают.

### 4.13. Определение основных параметров пневмопривода

Как уже отмечалось в п.4.8, расчёт пневмопривода (ПП) и гидропривода (ГП) принципиально не отличается друг от друга.

Пневмопривод имеет следующие *преимущество* перед ГП:

- 1) возможность использования имеющихся на АТП линий сжатого под давлением  $P = 0,4...0,6$  МПа воздуха;
- 2) отсутствие обратных трубопроводов, т.к. отработанный воздух выпускается в атмосферу;
- 3) относительная простота аппаратуры и арматуры [19, с. 112-114; 20, с. 425-452].

Недостатком пневмопривода является низкое (до 1 МПа) давление сжатого воздуха, что вызывает необходимость использования цилиндров большого диаметра, а также применения различных рычажных, эксцентриковых и других механизмов-усилителей.

Это усложняет конструкцию, увеличивает массу и габариты ПП. Поэтому, если усилие на штоке пневмоцилиндра  $R \geq 10$  кН, его применение нецелесообразно.

Объёмные пневмодвигатели подразделяют на *поршневые пневмоцилиндры, мембранные пневмокамеры и поворотные пневмодвигатели.*

**Поршневые пневмоцилиндры** могут быть *стационарными и вращающимися.*

Схема вращающегося пневмоцилиндра приведена на рис. 4.5.

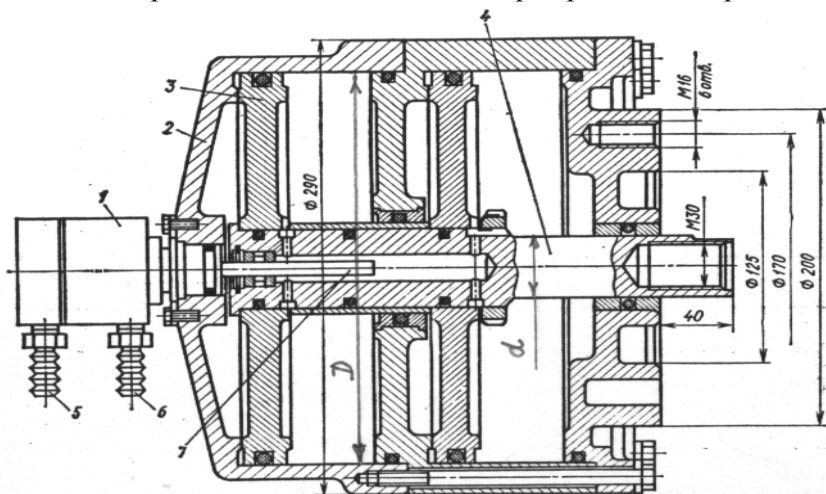


Рис. 4.5. Пневмоцилиндр двустороннего действия со сплошным штоком:

1 – воздухопроводящая муфта; 2 – цилиндр; 3 – поршень;  
4 – шток поршня; 5, 6 – ниппель; 7 – стержень

Пневмоцилиндр 2 имеет воздухопроводящую муфту 1 и шток 4 с внутренней резьбой для присоединения тяги.

Сжатый воздух под давлением  $P$  через ниппель 6 и центровое отверстие в стержне 7 подаётся в правую полость цилиндра 2. При этом поршень 3 движется влево, создавая на штоке 4 тянущую силу  $R_{\text{ЛЕВ.}}$ .

Через ниппель 5, радиальные отверстия и скосы в стержне 7 сжатый воздух поступает в левую полость цилиндра. В этом случае поршень 3 движется вправо, создавая на штоке 4 толкающую силу  $R_{ПРАВ}$ .

**В мембранных пневмоцилиндрах** рабочие камеры образованы внутренними поверхностями корпуса и эластичной диафрагмой.

Они могут быть одностороннего и двустороннего действия. Мембраны бывают тарельчатые и плоские, толщиной 4...10 мм. Плоские диафрагмы применяются при малом ходе штока.

Пневмокамера одностороннего действия с тарельчатой мембраной изображена на рис. 4.6.

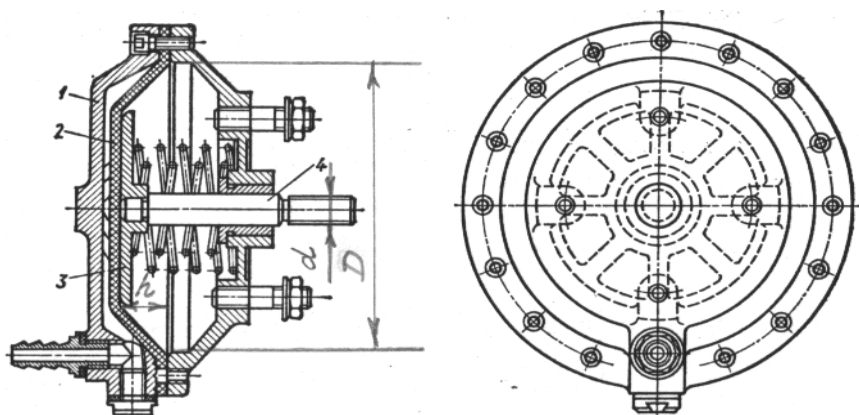


Рис. 4.6. Пневмокамера одностороннего действия:

1 – корпус; 2 – тарельчатая мембрана; 3 – опорная шайба; 4 – шток

При подаче сжатого воздуха через ниппель мембрана 2 оказывает давление на опорную шайбу 3 и перемещает шток 4 с усилием  $R_{ПРАВ}$ .

После прекращения подачи воздуха шток 4 возвращается в исходное положение под действием пружины.

Из справочника выбираются: диаметр пневмоцилиндра  $D$  в зависимости от требуемого усилия на штоке  $R$  [20, с. 426], диаметр пневмокамеры [20, с. 450]; габариты пневмоцилиндров [20, с. 427-448]; аппаратура и арматура для пневмоприводов [20, с. 452-459].

Усилие на штоке пневмоцилиндра  $R$ , Н, определяется по формуле

$$R_{ПРАВ} = \frac{\pi \cdot D^2 \cdot P \cdot \eta}{4}, \quad (4.47)$$

где  $D$  – диаметр пневмоцилиндра, м;  $P$  – давление подаваемого сжатого воздуха, Па;  $\eta$  – КПД пневмоцилиндра (при  $D = 150 \dots 200$  мм  $\eta = 0,90 \dots 0,95$ ).

В пневмокамере одностороннего действия в конце рабочего хода усилие на штоке  $R_{ПРАВ}$  уменьшается на величину силы сжатия пружины  $P_3$ , которая определяется из [20, с. 212-222].

При подаче сжатого воздуха со стороны штока пневмоцилиндра усилие на нём  $R_{ЛЕВ}$ , Н, также уменьшается:

$$R_{ЛЕВ} = \frac{\pi \cdot (D^2 - d^2) \cdot P \cdot \eta}{4}, \quad (4.48)$$

где  $d$  – диаметр штока, м.

При выпуклой мембране ход штока  $L$ , м, пневмокамеры равен

$$L = 2 \cdot h, \quad (4.49)$$

где  $h$  – величина выпуклости диафрагмы (см. рис. 4.6).

Для плоской мембраны значение  $L$ , м, вычисляется по формуле

$$L = 1,7 \cdot 10^{-5} \cdot \frac{P \cdot D^4}{S^3}, \quad (4.50)$$

где  $S$  – толщина диафрагмы, м.

Величина  $S$ , м, рассчитывается из условия прочности мембраны:

$$S = \frac{D}{4} \cdot \sqrt{\frac{3 \cdot P}{[\sigma_{max}]}} \quad (4.51)$$

где  $[\sigma_{max}]$  – наибольшее допускаемое напряжение в тканевой основе диафрагмы (принимается  $[\sigma_{max}] = 40$  МПа), Па.

#### 4.14. Расчет диаметров осей и валов

В редукторе могут быть установлены вращающиеся или неподвижные оси, которые рассчитываются на изгиб [9, с. 58-63; 14, с. 67-71].



Диаметр оси  $d_o$ , м, определяется по формуле

$$d_o = \sqrt[3]{\frac{M_H}{0,1 \cdot [\sigma_c]}}, \quad (4.52)$$

где  $M_H$  – изгибающий момент, действующий на ось, Н·м;  $[\sigma_H]$  – допускаемое напряжение материала оси на изгиб [13, с. 86-97; 14, с. 68]), Па.

Валы предназначены для передачи крутящего момента и рассчитываются на одновременное воздействие крутящего  $M_{KP}$ , м, и изгибающего  $M_H$ , м, моментов:

$$d_B = \sqrt[3]{\frac{M_\Sigma}{0,1 \cdot [\sigma_H]}}, \quad (4.53)$$

где  $M_\Sigma$  – суммарный момент, действующий на вал, Н·м.

Величина суммарного момента  $M_\Sigma$ , Н·м, равна

$$M_\Sigma = \sqrt{M_{KP}^2 + M_H^2}. \quad (4.54)$$

Предварительно значение диаметра вала  $d_B$ , м, можно определить из условия его прочности на кручение.

Диаметр сплошного вала вычисляется по формуле

$$d_B = \sqrt{\frac{M_{KP}}{0,2 \cdot [\tau_{KP}]}}, \quad (4.55)$$

где  $[\tau_{KP}]$  – допускаемое напряжение материала вала на кручение (для валов из стали марок Ст 5, Ст 6, 35, 40 можно принять  $[\tau_{KP}] = 30 \dots 40$  МПа или выбрать из [13, с. 86...97]), Па.

Диаметр полого вала  $d_B$ , м, равен

$$d_B = \sqrt{\frac{M_{KP}}{0,2 \cdot (1 - \beta^4) \cdot [\tau_{KP}]}}, \quad (4.56)$$

где  $\beta$  – отношение внутреннего диаметра вала к наружному.

Вычисленные значения  $d_B$  округляются затем в большую сторону по ГОСТ 6636-69 [14, с. 19] до ближайшего стандартного значения из ряда (мм):

... 10; 10,5; 11; 11,5; 12; 13; 14; 15; 16; 17; 18; 19; 20; 21; 22; 24; 25; 26; 28; 30; 32; 34; 36; 38; 40; 42; 45; 48; 50; 53; 56; 60; 63; 67; 71; 75; 80; 85; 90; 95; 100;...

#### 4.15. Расчёт размеров призматических шпонок

Шпоночные и шлицевые соединения предназначены для получения разъёмных неподвижных узлов, передающих крутящие моменты [14, с. 69-70; 15, с. 232-240].

Шпоночные соединения применяются для сопряжения валов с помощью муфт, а также для закрепления на валах зубчатых колёс, шкивов, маховиков и других тел вращения.

Шпоночные соединения с призматическими, сегментными и клиновыми шпонками (рис. 4.7) стандартизованы.

Соединения с первыми двумя видами шпонок являются ненапряженными, с клиновыми – напряженными.

Использование призматических шпонок даёт возможность более точно центрировать детали на валах и получать как неподвижные, так и подвижные (втулка перемещается вдоль вала) соединения.

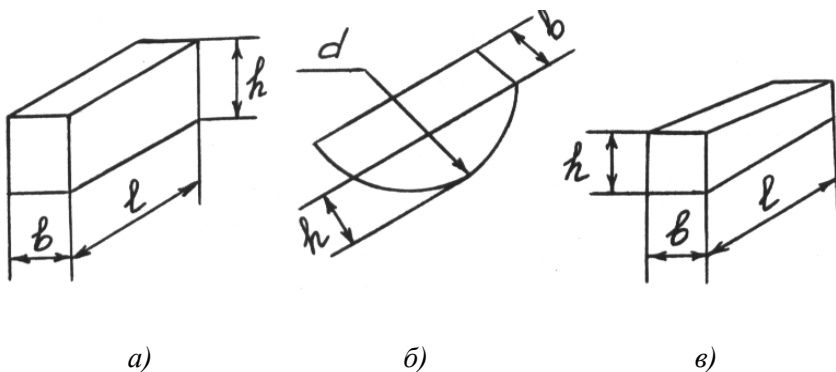


Рис. 4.7. Основные виды и размеры шпонок:  
а – призматическая; б – сегментная; в – клиновая

**Сегментные шпонки** применяются только в неподвижных сопряжениях деталей.

**Клиновые шпонки** не позволяют получать высокососные соединения втулок и валов, поэтому они применяются значительно реже первых двух типов шпонок.

*К недостатком шпоночных узлов относятся:*

- 1) невысокая надежность вследствие смятия и среза шпонок;
- 2) ослабление втулки и вала и концентрация напряжений в зоне шпоночных пазов;
- 3) передача небольших по сравнению со шлицевыми соединениями крутящих моментов;
- 4) возможность перекоса втулки на валу из-за смещения шпоночных пазов.

Размеры призматических шпонок выбираются в зависимости от диаметра вала  $d_B$  из [14, с. 69] или [15, с. 235-236], сегментных – из [15, с. 239-240].

Найденные размеры проверяются затем расчётом на срез и смятие.

Напряжение материала шпонки на срез  $\tau_{CP}$ , Па, вычисляется по формуле

$$\tau_{CP} = \frac{P}{l \cdot b} \leq [\tau_{CP}], \quad (4.57)$$

где  $P$  – окружное усилие, действующее на шпонку, Н;  $l, b$  – длина и ширина шпонки, м;  $[\tau_{CP}]$  – допускаемое напряжение материала шпонки на срез (для шпонок из сталей 45 и Ст6  $[\tau_{CP}] = 90 \dots 120$  МПа или выбирается из [13, с. 86-97]), Па.

Величина окружного усилия  $P$ , Н, определяется следующим образом:

$$P = \frac{2 \cdot M_{KP}}{d_B}. \quad (4.58)$$

Расчет размеров шпонки на смятие  $\sigma_{CM}$ , Па, определяем по формуле

$$\sigma_{CM} = \frac{P}{l \cdot K_{ш}} \leq [\sigma_{CM}], \quad (4.59)$$

где  $K_{ш}$  – величина, на которую шпонка выступает над поверхностью вала, м;  $[\sigma_{CM}]$  – допускаемое напряжение материала шпонки на смятие (для неподвижных соединений  $[\sigma_{CM}] = 100 \dots 120$  МПа, для направляющих шпонок  $[\sigma_{CM}] = 10 \dots 20$  МПа или выбирается из [13, с. 86-97; 14, с. 70]), Па.

Рассмотрим далее аналогичный расчёт размеров шлицевого соединения.

## 4.16. Расчёт размеров прямобочных шлицев

Шлицевые соединения имеют то же назначение, что и шпоночные [14, с. 70-71; 15, с. 249-252].

Они позволяют передавать большие крутящие моменты, более долговечны, имеют высокую соосность втулки и вала.

В зависимости от профиля зубьев они подразделяются на эвольвентные, прямобочные и треугольные.

Шлицевые соединения с **эвольвентным** профилем зубьев наиболее перспективны. Но их главным недостатком является сложность восстановления изношенных шлицев.

Соединения с **треугольным** профилем зубьев не стандартизованы, поэтому каждый завод изготавливает их по собственным стандартам предприятия и техническим условиям.

Треугольные шлицевые соединения применяются в тонкостенных и хрупких конструкциях для передачи небольших крутящих моментов вместо посадок с натягом.

В автомобиле треугольные шлицы используются для соединения рулевого колеса с валом, а также сошки с рулевым механизмом.

На практике наибольшее распространение получили **прямобочные** шлицевые соединения, которые в зависимости от конструкции узла могут быть подвижными (втулка перемещается вдоль вала) и неподвижными.

Номинальные размеры и число зубьев  $Z$  прямобочных шлицевых соединений выбираются в зависимости от диаметра вала  $d_B$  из [15, с. 250-251], эвольвентных – из [15, с. 259-261].

Применительно к величине передаваемого крутящего момента установлены три типа соединений: *легкой, средней и тяжелой серии*.

Выбор способа центрирования, т.е. определение параметра соединения для обеспечения соосности втулки относительно вала, обусловлен эксплуатационными требованиями к шлицевому соединению и технологическими факторами по его изготовлению.

Существуют три способа центрирования: по *наружному* диаметру  $D$ , *внутреннему*  $d$  и *ширине* шлицев  $b$  (рис. 4.8).

*Центрирование по  $D$*  (рис. 4.8, *а*) применяется в неподвижных соединениях для обеспечения повышенных требований к соосности втулки и вала. При этом по внутреннему диаметру  $d$  имеется гарантированный зазор, чтобы обеспечить сборку узла.

При данном способе центрирования шлицы во втулке и на валу мало изнашиваются, и их не нужно подвергать закалке.

*Центрирование по  $d$*  (рис. 4.8, б) рекомендуется применять в подвижных соединениях, если шлицевая втулка перемещается вдоль вала.

Для повышения износостойкости деталей их поверхности закаливаются с нагревом токами высокой частоты.

После термообработки поверхности во втулке и на валу можно обработать только шлифованием по внутреннему диаметру  $d$ .

Данный способ также обеспечивает точное центрирование деталей в соединении. По  $D$  имеется гарантированный зазор.

*Центрирование по ширине шлицев  $b$*  (рис. 4.8, в) целесообразно применять для передачи больших крутящих моментов, знакопеременных нагрузок при реверсивном движении (карданный вал автомобиля).

Этот способ не обеспечивает высокой точности центрирования деталей, но позволяет более равномерно распределять нагрузку между шлицами. Он также является наиболее простым и экономичным.

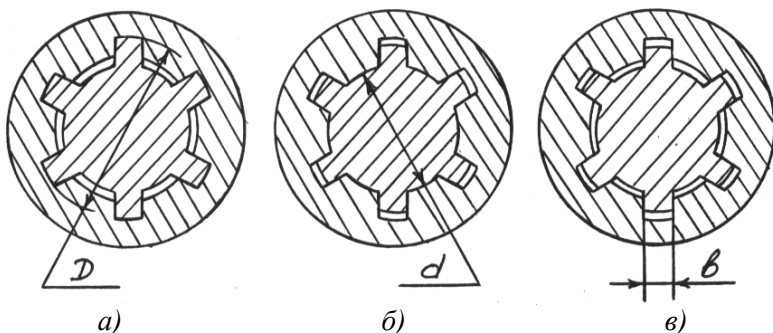


Рис. 4.8. Способы центрирования прямобочных шлицевых соединений:  
а – по наружному диаметру  $D$ ; б – внутреннему диаметру  $d$ ;  
в – ширине шлицев  $b$

Выбранные размеры шлиц проверяются на смятие  $\sigma_{CM}$ , Па, по формуле

$$\sigma_{CM} = \frac{P}{F} \leq [\sigma_{CM}], \quad (4.60)$$

где  $P$  – окружное усилие, передаваемое узлом, Н;  $F$  – площадь смятия боковых поверхностей шлицев,  $m^2$ ;  $[\sigma_{CM}]$  – допускаемое напря-

жение материала шлицевых деталей на смятие (выбирается из табл. 4.2), Па.

Величина  $P$ , Н, определяется следующим образом:

$$P = \frac{2 \cdot M_{KP}}{d_{CP}}, \quad (4.61)$$

где  $d_{CP}$  – средний диаметр шлицев, м, вычисляемый по формуле

$$d_{CP} = \frac{D + d}{2}. \quad (4.62)$$

Площадь смятия боковых поверхностей шлицев  $F$ , м<sup>2</sup>, составляет

$$F = \frac{(D - d) \cdot l \cdot n}{2}, \quad (4.63)$$

где  $l$  – длина зубьев, м;  $n$  – число шлицев, одновременно передающих усилие (принимается  $n = 0,75 \cdot Z$ , где  $Z$  – общее число шлицев), шт.

Таблица 4.2

Допускаемые напряжения на смятие боковых поверхностей шлицев

Характер нагрузки	Значения $[\sigma_{CM}]$ , МПа	
	Подвижное соединение с термообработкой	Неподвижное соединение без термообработки
Спокойная	40...70	80...120
С толчками и умеренной вибрацией	30...60	60...100
С ударами и вибрацией	20...35	35...50

## 4.17. Расчет и выбор подшипников качения

Подшипники качения (ПК) являются достаточно распространенными стандартизованными изделиями [14, с. 71-77; 21, с. 60-145].

По ГОСТ 3189-75 они обозначаются справа налево в определенной последовательности:

9 8 - 7 6 5 4 3 2 1 А В С,

где А – вид рекомендуемой смазки; В – рабочая температура; С – материал сепаратора; 12 – первые две цифры, умноженные на 5, определяют внутренний диаметр подшипника  $d$  (при 00 –  $d=10$ ; 01 –  $d=12$ ; 02 –  $d=15$ ; 03 –  $d=17$ ; 04 –  $d=04 \cdot 5=20$  мм); 3 – серия наружных диаметров; 4 – тип подшипника (0 – радиальный шариковый однорядный; 8 – упорный шариковый и т.д.); 56 – конструктивная разновидность (05 – канавка на наружном кольце, 15 – защитная шайба у шариковых ПК и др.); 7 – серия ширин; 8 – класс точности ПК (проставляется через тире); 9 – группа начальных радиальных зазоров.

Нули в обозначении не проставляются. Например, по номеру ПК 5 – 120 можно определить, что это шариковый радиальный однорядный подшипник качения; особо лёгкой серии диаметров 1 и нормальной серии ширин 0. Он выполнен по пятому классу точности с радиальными зазорами по нормальной группе;  $D = 150$ ,  $d = 100$ ,  $B = 24$  мм.

*Классы точности подшипника качения* обозначаются в порядке снижения величины его радиального и торцового биения следующими цифрами:

- 0 – нормальная (повышенная) точность;
- 6 – высокая;
- 5 – особо высокая;
- 4 – сверхвысокая;
- 2 – прецизионная.

Подшипники качения подбирают по диаметру вала  $d_B$ , на который он устанавливается, в такой последовательности:

- 1) намечают тип подшипника, исходя из условий эксплуатации и конструкции узла;
- 2) определяют типоразмер ПК в зависимости от величины и направления действующих нагрузок, частоты вращения колец и требуемого срока службы;
- 3) назначают класс точности подшипника, как правило, нулевой.

*Основным критерием для выбора ПК является требуемая динамическая грузоподъёмность С*, т.е. величина постоянной радиальной или осевой нагрузки, которую сможет выдержать группа подшипников в течение расчетного срока службы одного из колец в 1 млн оборотов.

Величина  $C$ ,  $H$ , определяется по формулам

$$C = Q \cdot L^{1/\alpha} < [C] \quad (4.64)$$

или

$$C = Q \cdot \left( \frac{60 \cdot n \cdot L_h}{10^6} \right)^{1/\alpha} < [C], \quad (4.65)$$

где  $Q$  – приведенная нагрузка, Н;  $L$  – требуемая долговечность ПК (выбирается из [14, с. 73] или [21, с. 84]), млн оборотов;  $L_h$  – требуемая долговечность ПК (приведена в [21, с. 85-86]), ч;  $n$  – число оборотов вращающегося кольца подшипника, мин<sup>-1</sup>;  $1/\alpha$  – показатель степени (для шариковых  $1/\alpha = 0,33$ ; роликовых  $1/\alpha = 0,3$ );  $[C]$  – допускаемая динамическая грузоподъемность ПК (выбирается из [14, с. 76; 21, с. 115-145]), Н.

Приведенную нагрузку для радиальных и радиально-упорных подшипников  $Q$ ,  $H$ , можно рассчитать следующим образом:

$$Q = (x \cdot K_K \cdot R + y \cdot A) \cdot K_B \cdot K_T, \quad (4.66)$$

где  $R$  – радиальная нагрузка, действующая на ПК, Н;  $A$  – осевая нагрузка, Н;  $x$ ,  $y$  – коэффициенты радиальной и осевой нагрузок (приведены в [14, с. 74-75; 21, с. 78-80]);  $K_K$  – коэффициент долговечности (при вращающемся внутреннем кольце  $K_K = 1,0$ ; при наружном –  $K_K = 1,2$ );  $K_B$  – коэффициент, учитывающий характер нагрузки и условия работы подшипника (выбирается из [14, с. 73; 21, с. 80]);  $K_T$  – температурный коэффициент (учитывается при  $t > 100$  °С).

Вычислив  $C$  и учитывая условия (4.64) или (4.65), из [14, с. 76] или [21, с. 115-145] выбираем стандартный подшипник качения.

Если при работе ПК не вращается совсем или частота вращения его колец не превышает 1 мин<sup>-1</sup>, то выбор такого подшипника производят по величине статической грузоподъемности.



## **5. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ МЕХАНИЗАЦИИ ПОДЪЁМНО-ТРАНСПОРТНЫХ РАБОТ**

### **5.1. Механизация подъёмно-осмотровых и транспортных работ**

Подъемно-транспортные работы на АТП заключаются в подъеме и перемещении автомобилей и их агрегатов с одного поста на другой во время проведения ТО и ремонта [5, с. 128-140; 11, с. 247-261].

В зонах ТО и ТР автомобили могут двигаться собственным ходом, перекатываться или перемещаться с помощью конвейеров.

На постах ТР агрегаты поднимают и транспортируют с помощью различных механизмов.

По назначению технологическое оборудование на АТП подразделяется на *подъемно-осмотровое, подъемно-транспортное и специализированное* как для ТО автомобилей, так и для ремонта ПС.

Рассмотрим подробнее первые две группы оборудования.

Устройства первой группы предназначены для обеспечения удобного доступа к агрегатам, узлам и деталям, расположенным снизу и сбоку автомобиля, при его обслуживании и ремонте.

К основному подъёмно-осмотровому оборудованию относятся осмотровые канавы, эстакады и подъёмники; к вспомогательным средствам – домкраты и гаражные опрокидыватели.

Использование данного оборудования при ТО и ТР автомобилей позволяет повысить производительность труда путем одновременного выполнения работ сверху (двигатель, электрооборудование), снизу (шасси, трансмиссия) и сбоку (колеса, тормоза), что в конечном итоге сокращает время простоя АТС.

Это обусловлено тем, например, что при выполнении ТО-1 и ТО-2 автомобиля ЗИЛ-130 доля работ, производимых сверху и снизу, составляет по 40...45 %, сбоку – 10...20 %.

Оснащение постов подъёмно-осмотровыми устройствами позволяет также повысить качество выполняемых работ при соблюдении требований техники безопасности.

Вторая группа включает оборудование для подъёма и транспортировки элементов автомобиля: передвижные краны; грузовые

тележки; подъёмные ручные тали и электротельферы, перемещаемые по монорельсам; кран-балки.

Для передвижения транспортных средств при ТО-1 и ЕО, организованных поточным методом, используют конвейеры.

При ТО-2 они применяются очень редко, например, если ТО-1 и ТО-2 проводятся в разные смены.

Эффективность использования конвейеров при ежедневном обслуживании автомобилей в большей мере зависит от наличия или отсутствия на этой же линии постов, на которых операции выполняются вручную (мойка, уборка, дозаправка, контроль).

В первом случае для выполнения работы вручную приходится снижать скорость конвейера – и производительность механизированной моечной установки недоиспользуется.

Во втором случае возникают сложности с организацией всех работ, кроме моечных, т.к. уборочные, заправочные и контрольные операции трудно механизировать.

Некоторые виды ТР технологически связаны с операциями, выполняемыми на постах ТО-1 и ТО-2, поэтому во время обслуживания целесообразно проводить отдельные виды сопутствующего ремонта с трудозатратами не более 15...20 % от трудоёмкости ТО на конвейерах.

Одним из основных критериев выбора подъёмно-транспортного оборудования является масса перемещаемого автомобиля и его агрегатов. Ее значения приведены в [10, с. 154].

## 5.2. Классификация подъёмно-транспортного оборудования

Рассмотрим конструктивные особенности некоторых видов подъёмно-транспортного оборудования [4, с. 70-76; 11, с. 247-261].

1. **Осмотровые канавы** являются наиболее распространенными универсальными устройствами, обеспечивающими персоналу одновременный доступ для работы снизу, сбоку и сверху автомобиля. Ими оборудуются тупиковые посты и поточные линии.

По ширине канавы подразделяются на *узкие* – 0,9...1,1 м и *широкие* – 1,4...3,0 м.

По устройству узкие канавы могут быть *межколейными* или *боковыми*; широкие – с *колейным мостом* или с *вывешиванием колес автомобиля*.

Параллельные узкие канавы изготавливаются изолированными или соединяются между собой открытой траншеей шириной 1...2 м, огражденной перилами или тоннелем.

В зависимости от назначения канавы оборудуются подъёмниками, передвижными воронками для слива отработанных масел и приспособлениями для заправки автомобиля маслом, смазками, воздухом и водой.

К недостаткам осмотровых канав можно отнести слабое естественное освещение ТС снизу и неудобства при работе с некоторыми агрегатами и механизмами.

2. **Эстакады** представляют собой металлические, железобетонные или деревянные колейные мосты, расположенные выше уровня пола на 0,7...1,4 м, с рампами, имеющими уклон 20...25 % для въезда и съезда автомобиля.

Они могут быть *тупиковыми или прямоточными, стационарными или передвижными*.

Для одновременного производства работ снизу, сбоку и сверху автомобиля изготавливают *полуэстакады* высотой не более 0,8 м с неглубокой осмотровой канавой под ней.

3. **Подъёмные устройства** служат для подъёма и удержания автомобиля и его агрегатов на требуемой высоте при ТО и ремонте ПС.

По способу установки они подразделяются на *стационарные* или *передвижные*, по месту установки – на *напольные* или *канавные*.

*Стационарные подъёмники* применяются чаще передвижных, т.к. обеспечивают большую устойчивость поднятого груза, безопасное и удобное выполнение работ.

*Передвижные подъёмники* предназначены для легковых автомобилей и, как правило, бывают одностоечными (в России не выпускаются), реже – двухстоечными.

*Канавные подъёмники* также подразделяются на стационарные, закреплённые основанием в стенках осмотровой канавы, и передвижные, перемещающиеся по специально проложенным вдоль канавы стальным ребордам.

Они предназначены для вывешивания передней оси, ведущих мостов и колёс автомобилей.

По типу механизма привода подъёмные устройства могут быть *электромеханическими, электрогидравлическими* или *элек-*

*тропневматическими*; первые два вида получили наибольшее распространение.

Схема электромеханического подъёмника приведена в [11, с. 254-255], электрогидравлического – в [11, с. 252-254].

По количеству стоек (для гидравлических – плунжеров) различают *одно-, двух-, трёх-, четырёх-, шести- и восьмистоечные* подъёмники.

Недостатком одноплунжерного подъёмника является необходимость углубления гидроцилиндра в грунт на 2...3 м и его относительно высокая стоимость.

Для легковых автомобилей разработаны: одноплунжерный электрогидравлический подъёмник П-104; двухстоечный электромеханический подъёмник П-133; одноплунжерный канавный гидравлический подъёмник П-227 и другие.

Для грузовых автомобилей используются: двухплунжерные электрогидравлические подъёмники моделей П-111 и 480 грузоподъёмностью соответственно 5 и 8 т; двухстоечный электромеханический подъёмник канавного типа модели 468 грузоподъёмностью 5 т и т.д.

Для автобусов предназначены подъёмники моделей 480 и П-126; грузоподъёмность последнего равна 16 т.

4. **Домкраты** служат для частичного вывешивания автомобилей при их ТО и ремонте на АТП или в дорожных условиях.

Они дополняют грузоподъёмные механизмы, а не заменяют их и подразделяются на *дорожные и гаражные*. Передвижные гаражные домкраты модели П-304, П-308, П-310 оснащены гидравлическим приводом.

5. **Опрокидыватели** используются для бокового наклона автомобилей при их обслуживании и ремонте со стороны днища. Обычно это сварочные работы, удаление ржавчины, окраска и антикоррозионная обработка.

Они имеют грузоподъёмность до 2 т, общую массу до 650 кг, время опрокидывания до 100 с, угол наклона до 50 °, электромеханический или гидравлический привод.

6. **Передвижные краны** применяются при отсутствии на АТП монорельсовых подъёмных устройств и кран-балок.

Они имеют грузоподъёмность до 1000 кг при минимальном вылете стрелы и до 200 кг – при максимальном. Поднятый груз можно перемещать на колесах крана на небольшие расстояния.

Передвижные гидравлические краны модели 423М и П-208 используются для снятия и установки двигателей, коробок передач, редукторов ведущих мостов, для подъёма автомобиля за переднюю ось или задний мост, а также для проведения погрузочно-разгрузочных работ.

7. **Грузовые тележки** моделей 1115М и П-217 предназначены для снятия – установки и внутригаражной транспортировки оди-нарных и сдвоенных колес грузовых автомобилей, в т.ч. и в сборе со ступицами и тормозными барабанами.

Тележка П-216 применяется для замены рессор грузовых ав-томобилей, ПТО-251 – для замены двигателя автобуса «Икарус» и т.д.

Тележки могут быть оснащены грузоподъёмным механизмом с механическим или гидравлическим приводом.

8. **Подъёмные ручные тали, электротельферы и кран-балки (мостовые краны)** используются для подъёма – опускания груза и его горизонтального перемещения вдоль и поперек производствен-ного корпуса. Тали имеют грузоподъёмность 250...1000 кг, кран балки – 1,0...3,2 т.

Межпостовое перемещение агрегатов и узлов на участках раз-борки, сборки и ремонта автомобиля может выполняться при по-мощи консольных кранов, которые бывают *свободностоящими или настенными* [10 , с. 155].

9. **На крупных АТП широко применяются конвейеры для продольного перемещения ТС** на поточных линиях ТО-1 и при уборочно-моечных работах.

По принципу работы они могут быть *периодического или не-прерывного* действия, по способу передачи движения автомобилю – *несущими, толкающими и тянущими*.

Проект конвейера несущего типа модели МЗ-73.265 00 000 разработан для перемещения на моечной линии одновременно че-тырёх автомобилей КраЗ. Его длина 45 м, масса 26,5 т, тяговое усилие 59 кН.

Конвейер толкающего типа модели 4096 предназначен для пе-ремещения на линии ТО-1 автомобилей ГАЗ и ЗИЛ; модели 4120 – на этой же линии автомобилей ЗИЛ, МАЗ, КраЗ, «Шкода», «Гатра».

Тянущие конвейеры имеют бесконечную замкнутую цепь, расположенную вдоль поточной линии ТО-1 сверху над автомоби-лем или снизу под ним.

ТС присоединяются к тяговой цепи захватом за передний буксирный крюк и перемещаются, перекатываясь на своих колёсах. В конце линии захват автоматически отцепляется от автомобиля.

### 5.3. Расчёт основных параметров механизма винт-гайка (винтового домкрата)

Винтовые домкраты [14, с. 155-158] служат для подъёма грузов массой до 50 т на высоту до 0,4 м (рис. 5.1).

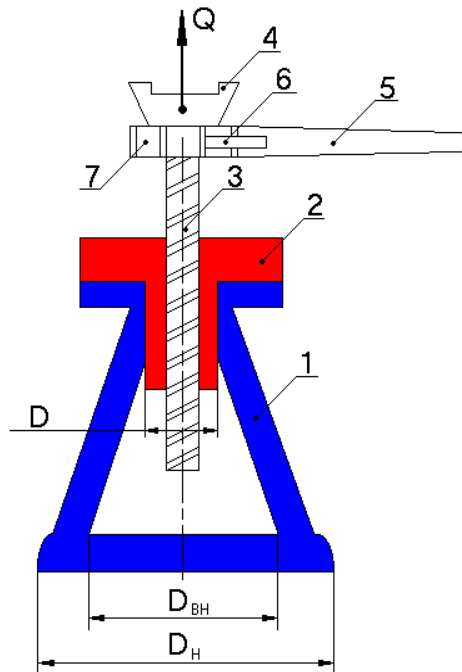


Рис. 5.1. Схема винтового домкрата: 1 – корпус; 2 – гайка; 3 – грузовой винт; 4 – опорная головка; 5 – рукоятка; 6 – трещотка; 7 – храповое колесо

Домкрат имеет литой или сварной корпус 1, в верхней части которого закреплена бронзовая или чугунная гайка 2.

Стальной грузовой винт 3 с трапецеидальной или прямоугольной однозаходной резьбой имеет в верхней части свободно сидя-

щую опорную головку 4, которая остаётся неподвижной при вращении винта.

Винт 3 вращается рукояткой 5 с трещоткой 6 через храповое колесо 7, закреплённое с помощью шпонки на грузовом винте.

*Исходные данные для расчёта:*

1) усилие на рукоятке  $P_p = 150 \dots 200$  Н (при длительной работе  $P_p = 150 \dots 200$  Н);

2) длина рукоятки  $l_p = 400 \dots 600$  мм;

3) угол подъёма винтовой линии  $\alpha = 3 \dots 4^\circ$ ;

4) средний диаметр резьбы винта  $d_2 = 30 \dots 50$  мм;

5) высота подъёма груза  $H = 250 \dots 400$  мм;

6) среднее время одного двойного хода рукоятки  $t_0 = 1 \dots 2$  с;

7) ход рукоятки  $a = 300 \dots 400$  мм;

8) коэффициент трения между винтом и гайкой  $f = 0,05 \dots 0,12$ ;

9) угол трения  $\rho = 4 \dots 5^\circ$ .

Вес поднимаемого груза  $Q$ , Н, без учёта трения в опорной головке определяется по формуле

$$Q = \frac{2 \cdot P_p \cdot l_p}{d \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \rho)}. \quad (5.1)$$

Шаг винта  $S$ , мм, вычисляется следующим образом:

$$S = \pi \cdot d \cdot \operatorname{tg} \alpha. \quad (5.2)$$

Число оборотов винта  $n$ , шт., для подъёма груза на заданную высоту рассчитывается по следующей зависимости:

$$n = \frac{H}{S}. \quad (5.3)$$

Количество ходов рукоятки для выполнения одного оборота винта  $m$ , шт., равно

$$m = \frac{2 \cdot \pi \cdot l_p}{a}. \quad (5.4)$$

Время подъёма груза  $t$ , с, при непрерывной работе рукояткой вычисляется по формуле

$$t = t_0 \cdot m \cdot n. \quad (5.5)$$

Проверим диаметр грузового винта  $\sigma$ , Па, на совместное действие сжатия и кручения по следующей зависимости:

$$\sigma = \sqrt{\left(\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot d_1^2}\right)^2 + 4 \cdot \left(\frac{M_{KP}}{W_{KP}}\right)^2} \leq [\sigma_H], \quad (5.6)$$

где  $d_1$ ,  $d$  – внутренний и наружный диаметры винта (прямоугольные резьбы не стандартизованы, поэтому принимаем  $d = d_1 + 5$  мм,  $d_1 = d_2 - 5$  мм; размеры трапециевидальной резьбы выбираем из [15, с. 184-188], упорной – из [15, с. 205-208]), м;  $M_{KP}$  – величина крутящего момента, Н·м;  $W_{KP}$  – момент сопротивления поперечно-го сечения грузового винта при кручении, м<sup>3</sup>;  $[\sigma_H]$  – допускаемое напряжение материала винта на изгиб (для стали 35 и Ст5 = 50...70 МПа), Па.

Значения  $M_{KP}$ , Н·м и  $W_{KP}$ , м<sup>3</sup>, определяются по следующим формулам:

$$M_{KP} = \frac{Q \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \rho) \cdot d}{2}; \quad (5.7)$$

$$W_{KP} = 0,2 \cdot d_1^3. \quad (5.8)$$

Вычислим длину грузового винта  $L$ , м, с учетом высоты опорной головки, равной примерно 50 мм:

$$L = 2 \cdot (H + 0,05). \quad (5.9)$$

Проверим максимальную длину винта  $\sigma_H$ , Па, на возможность продольного изгиба:

$$\sigma_H = \frac{Q}{F \cdot \varphi} \leq [\sigma_H], \quad (5.10)$$

где  $F$  – площадь ослабленного сечения винта при нарезании резьбы, м<sup>2</sup>;  $\varphi$  – коэффициент уменьшения допускаемого напряжения при продольном изгибе (выбирается из [14, с. 18] в зависимости от гибкости стержня  $\lambda$ ).

Площадь ослабленного сечения винта  $F$ , м<sup>2</sup>, равна

$$F = \frac{\pi \cdot d_1^2}{4}. \quad (5.11)$$

Гибкость стержня  $\lambda$  вычисляется по формуле

$$\lambda = \frac{L}{r}, \quad (5.12)$$

где  $r$  – радиус инерции круглого сечения винта, м.



Величина  $r$ , м, равна

$$r = \frac{d_1}{4} . \quad (5.13)$$

Определим наружный диаметр гайки  $D$ , м, из расчета на растяжение:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot [\sigma_p]} + d^2} , \quad (5.14)$$

где  $[\sigma_p]$  – допускаемое напряжение материала гайки на растяжение (для бронзы  $[\sigma_p] = 40 \dots 50$  МПа, для чугуна  $[\sigma_p] = 25 \dots 30$  МПа), Па.

Определим число витков резьбы гайки  $Z$ , шт., из расчета на удельное давление и на изгиб:

$$Z = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot (d^2 - d_1^2) \cdot [g]} ; \quad (5.15)$$

$$Z = \frac{3 \cdot Q \cdot (d - d_2)}{\pi \cdot d \cdot b^2 \cdot [\sigma_H]} , \quad (5.16)$$

где  $[g]$  – допускаемое удельное давление (для стали по чугуну  $[g] = 50 \dots 60$  МПа, для стали по бронзе  $[g] = 7 \dots 13$  МПа), Па;  $[\sigma_H]$  – допускаемое напряжение на изгиб материала гайки (для чугуна  $[\sigma_H] = 32$  МПа, для бронзы  $[\sigma_H] = 48$  МПа), Па;  $b$  – толщина профиля резьбы, м.

Величина  $b$ , м, равна

$$b = 0,5 \cdot S . \quad (5.17)$$

Число винтов резьбы гайки принимаем наибольшим, но не более десяти; иначе следует увеличить диаметр винта и сделать новый расчет.

Принимая внутренний диаметр опорной поверхности домкрата  $D_{BH} > D$ , определим ее наружный диаметр  $D_H$ , м:

$$D_H = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot [\sigma_{CM}]} + D_{BH}^2} , \quad (5.18)$$

где  $[\sigma_{CM}]$  – допускаемое напряжение на смятие сосновых досок, применяемых в качестве опоры под домкрат (принимаем  $[\sigma_{CM}] = 2,0 \dots 2,5$  МПа), Па.

Далее могут быть определены размеры храпового механизма, толщина корпуса и т.д.

## 5.4. Расчёт гидравлического домкрата

Гидравлические домкраты применяются для подъёма грузов массой до 750 т на высоту до 0,4 м [14, с. 161-163].

Схема работы такого домкрата показана на рис. 5.2.

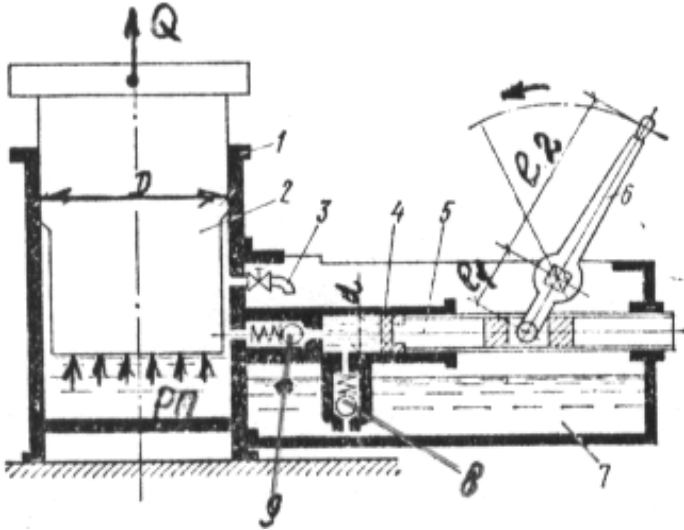


Рис. 5.2. Схема гидравлического домкрата:

1 – цилиндр; 2 – поршень; 3 – вентиль; 4 – плунжерный насос;  
5 – поршень насоса; 6 – рукоятка; 7 – резервуар для жидкости;  
8, 9 – клапанные устройства

Поршень 4 плунжерного насоса 5 приводится в движение рукояткой 6.

При этом жидкость из резервуара 7 через клапана 8 и 9 перекачивается в цилиндр 1 и давит на поршень домкрата 2, поднимающий груз весом  $Q$ .

Скорость опускания груза регулируется вентилем 3, через который рабочая жидкость перетекает из цилиндра домкрата 1 в резервуар 7.

*Исходные данные для расчёта:*

- 1) усилие на рукоятке  $P_p = 150 \dots 300$  Н;
- 2) длина рукоятки  $l_2 = 500 \dots 800$  мм;
- 3) диаметр поршня насоса  $d = 22 \dots 32$  мм;
- 4) высота подъёма груза  $H = 180 \dots 400$  мм;
- 5) грузоподъёмность домкрата  $Q = 10 \dots 20$  т.

Усилие на поршне плунжерного насоса  $P$ , Н, определяется по формуле

$$P = \frac{P_p \cdot l_2}{l_1}, \quad (5.19)$$

где  $l_1$  – длина плеча рукоятки, передающего усилие па поршень (принимая  $l_1 = (0,05 \dots 0,07) \cdot l_2$ ), м.

Давление рабочей жидкости, создаваемое плунжерным насосом,  $P_H$ , Па, равно

$$P_H = \frac{4 \cdot P}{\pi \cdot d^2}, \quad (5.20)$$

где  $d$  – диаметр поршня насоса, м.

Давление под поршнем домкрата  $P_{II}$ , Па, вычисляется следующим образом:

$$P_{II} = P_H \cdot \eta, \quad (5.21)$$

где  $\eta$  – коэффициент, учитывающий потери на трение ( $\eta = 0,7 \dots 0,8$ ).

Диаметр поршня домкрата  $D$ , м, равен

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot P_{II}}}. \quad (5.22)$$

Определим наружный диаметр цилиндра домкрата  $D_H$ , м, из расчёта на растяжение:

$$D_H = \sqrt{\frac{[\sigma_p] + P_{II}}{[\sigma_p] - P_{II}}}, \quad (5.23)$$

где  $[\sigma_p]$  – допускаемое напряжение на растяжение материала цилиндра (для чугуна  $[\sigma_p] = 45 \dots 60$  МПа), Па.

Рассчитаем ход поршня  $S$ , мм, плунжерного насоса:

$$S = \frac{a \cdot l_1}{l_2}, \quad (5.24)$$

где  $a$  – размах приводной рукоятки домкрата (можно принять  $a = 300 \dots 400$  мм), м.

Вычислим скорость  $V$ , м/мин, подъёма груза:

$$V = \frac{S \cdot n \cdot K \cdot d^2}{D^2}, \quad (5.25)$$

где  $n$  – число двойных ходов приводной рукоятки за 1 мин (принимая  $n = 25 \dots 30$ ),  $\text{мин}^{-1}$ ;  $K$  – коэффициент утечки жидкости через уплотнения ( $K = 0,90 \dots 0,95$ ).

Время подъёма груза  $t$ , мин, определяем по формуле

$$t = \frac{H}{V}. \quad (5.26)$$

Далее перейдём к расчётам грузоподъёмных механизмов с канатно-блочными системами.

## 5.5. Классификация элементов канатно-блочной системы

В канатно-блочные системы грузоподъёмных механизмов входят *канаты, цепи, блоки, полиспасты и барабаны* [14, с. 77-82; 22, с. 179-200].

**Стальные канаты** применяются для подъёма и перемещения грузов, при изготовлении стропов для их закрепления, а также в качестве расчалок с целью удержания конструкций.

В соответствии с ГОСТ 3241-80 канаты различают по ряду признаков.

В зависимости от конструкции они могут быть *одинарной, двойной или тройной свивки*.

Для расчалок используют канаты одинарной свивки, состоящие из проволок, свитых по спирали в один или несколько концентрических слоёв.

Канаты, в которых проволоки свиты в пряди, а пряди свиты между собой вокруг пенькового сердечника, называют канатами двойной свивки.

Канаты тройной свивки состоят из канатов двойной свивки.

Сердечник удерживает смазочный материал, предохраняя проволоки от коррозии, и повышает гибкость канатов.

По материалу сердечника канаты бывают: *с органическим сердечником* ОС или *металлическим* – из канатной проволоки МС.

По типу касания проволок в прядях они могут быть: *с точечным касанием* ТК, *линейным* ЛК, *комбинированным* ТЛК и др.

В зависимости от способа свивки канаты делают *раскручивающимися* Р и *нераскручивающимися* Н; по направлению свивки – *правого* П и *левого* Л направления.

По сочетанию направлений свивки элементов канаты могут быть *крестовой свивки*, если направления свивки каната и прядей

противоположны (не обозначается); *односторонней* О или *комбинированной* К.

По механическим свойствам проволоки они бывают: *высокого качества В, нормального качества I и (по согласованию с потребителем) марки II.*

По виду покрытия поверхности проволок канаты могут быть: *без покрытия* (не обозначается); *с цинковым покрытием для особо жёстких условий работы ОЖ; то же для жёстких агрессивных условий Ж; то же для средних условий С; с покрытием каната или пряди искусственными материалами – П.*

По назначению они делятся на канаты для *подъёма грузов Г, подъёма грузов и людей ГЛ (только марки В).*

Технические характеристики канатов приведены в [14, с. 79-80; 22, с. 180-187].

**Цепи** также применяются в грузоподъёмных машинах и при изготовлении стропов. По конструкции они могут быть *круглозвеньевыми* (сварными или штампованными) и *пластинчатыми* [22, с. 194-196].

**Блоками** называются колёса с жёлобом по окружности для размещения каната и придания ему нужного направления. Они бывают *подвижными и неподвижными* [22, с. 200].

**Полиспасты** – это устройства для подъёма и перемещения грузов, которые состоят из блоков и соединяющих их канатов.

В зависимости от схемы запасовки каната полиспаст позволяет получить выигрыш в силе подъёма или скорости перемещения груза.

**Барабанами** называются цилиндрические или конические, пустотелые внутри и имеющие ось вращения устройства для навивки канатов.

Их изготавливают *сварными или литыми, с гладкой поверхностью или с канавками для каната.*

## 5.6. Расчёт и выбор каната

Усилие, растягивающее канат  $P_K$ , Н, зависит от веса поднимаемого груза  $Q$  и схемы запасовки каната:

$$P_K = \frac{Q}{i_{\Pi} \cdot \eta_{\Pi}}, \quad (5.27)$$

где  $Q$  – вес поднимаемого груза, Н;  $i_{\Pi}$  – кратность полиспаста (зависит от схемы запасовки каната);  $\eta_{\Pi}$  – КПД полиспаста [14, с. 78-82].

Величина  $\eta_{II}$  вычисляется по формуле

$$\eta_{II} = \eta_i^n, \quad (5.28)$$

где  $\eta_i$  – КПД одного канатного блока ( $\eta_i = 0,96 \dots 0,99$ );  $n$  – количество блоков, шт.

Допускаемое разрывное усилие  $S_p$ , Н, в канате равно

$$S_p = K \cdot P_K, \quad (5.29)$$

где  $K$  – коэффициент запаса прочности каната (выбирается из табл. 5.1).

Канаты выбираются по величине расчётного  $S_p$  из [14, с. 79-80] или [22, с. 180-187].

Например, при  $S_p = 185$  кН подбираем канат ТК 6×19+1о.с., допускаемое разрывное усилие которого равно  $S_p = 187$  кН; диаметр каната  $d_K = 19,5$  мм; расчётный предел прочности проволоки при растяжении  $\sigma_B = 1700$  МПа; масса 1 кг каната  $g = 1,28$  кг.

*Таблица 5.1*

*Зависимость значения  $K$  от режима работы крана  
и показателя зависимости наименьшего диаметра блока  
или барабана  $D_B$  от диаметра каната  $d_K$*

Режим работы крана	Зависимости $D_B$ от $d_K$	Значения $K$
Ручной привод	$D_B \geq 18 \cdot d_K$	4,5
Лёгкий	$D_B \geq 20 \cdot d_K$	5,0
Средний	$D_B \geq 25 \cdot d_K$	5,5
Тяжёлый	$D_B \geq 30 \cdot d_K$	6,0
Весьма тяжёлый	$D_B \geq 35 \cdot d_K$	6,5

Маркировка каната расшифровывается следующим образом:

ТК 6×19+1о.с.,

где  $T_K$  – канат двойной (крестовой) правой свивки; 6 – количество прядей в канате, шт.; 19 – количество проволок в пряди, шт.; 1о.с. – один органический (пеньковый) сердечник, шт.

Длина каната  $L_K$ , м, определяется по формуле

$$L_K = 2 \cdot [H \cdot i_{II} + (2 \dots 3) \cdot \pi \cdot D_B], \quad (5.30)$$

где  $H$  – расстояние от поверхности груза до барабана лебёдки, м;  $D_B$  – диаметр барабана (вычисляется по зависимости из табл. 5.1), м.

## 5.7. Поверочный расчет размеров барабана

Схема для расчета размеров барабана [14, с. 82-84] показана на рис. 5.3.

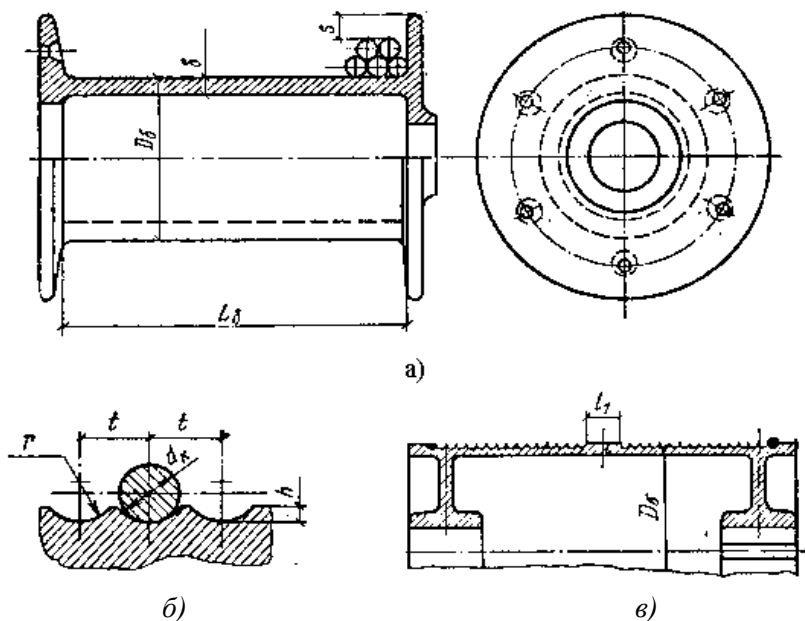


Рис. 5.3. Схема для расчета барабана:

а – гладкий барабан для многослойной навивки каната; б – профиль канавок на барабане; в – барабан с двусторонней навивкой каната

Минимальный диаметр барабана  $D_B$  вычисляется по зависимости из табл. 5.1.

Рабочую длину барабана  $L_B$ , м, при однослойной навивке каната определяют по формуле

$$L_B = \frac{L_K \cdot t}{\pi \cdot (D_B + d_K)}, \quad (5.31)$$

где  $t$  – шаг витков каната (при навивке на гладкий барабан  $t = d_K$ ), м.

Длина барабана  $L_K$ , м, при многослойной навивке каната (рис. 5.3, а) равна

$$L_B = \frac{L_K \cdot t}{\pi \cdot m \cdot (D_B + d_K \cdot m)}, \quad (5.32)$$

где  $m$  – число слоев навивки каната на барабан.

Размеры профиля канавок на барабане  $r$ ,  $h$ ,  $t$  (рис. 5.3, б) приведены в [14, с. 83].

При определении полной длины барабана учитывают толщину бортов, место для закрепления каната, а на барабанах с двусторонней навивкой канатов (рис. 5.3, в) ещё и ширину разделительной полосы  $l_l$ .

Наружный диаметр бортов барабана  $D_H$ , м, необходимо задать таким, чтобы они возвышались над последним слоем каната на величину  $S$ , которая не меньше, чем  $S = 2 \cdot d_K$  (рис. 5.3, а):

$$D_H = D_B + 2 \cdot (m + 2) \cdot d_K. \quad (5.33)$$

Толщина стенок барабана  $\delta$ , м, определяется из расчета на сжатие:

$$\delta = \frac{P_K}{t \cdot [\sigma_{СЖ}]}, \quad (5.34)$$

где  $[\sigma_{СЖ}]$  – допускаемое напряжение на сжатие материала барабана (для чугуна СЧ15-32  $[\sigma_{СЖ}] = 80$  МПа, для стального литья из стали 25Л  $[\sigma_{СЖ}] = 100$  МПа, для сварной конструкции из сталей Ст3 и Ст5  $[\sigma_{СЖ}] = 110$  МПа), Па.

Для чугунного литого барабана толщину стенок  $\delta$ , мм, можно вычислить из следующей зависимости:

$$\delta \geq 0,02 \cdot D_B + (6 \dots 10). \quad (5.35)$$

На практике толщина стенок чугунного барабана должна быть не менее  $\delta = 10 \dots 12$  мм.

## 5.8. Способы закрепления концов канатов

Концы канатов [14, с. 84-87] закрепляют при помощи канатных втулок, клиновых зажимов и коушей (рис. 5.4).

Схемы расчета приспособлений для закрепления концов канатов показаны на рис. 5.5, а схема крепления канатов на барабанах – на рис. 5.6.

Боковое давление  $P$ , Н, на стенки конической канатной втулки (рис. 5.5, а) вычисляется по формуле

$$P = \frac{P_K}{2 \cdot \sin \alpha}, \quad (5.36)$$

где  $P_K$  – усилие, растягивающее канат, Н;  $\alpha$  – половина угла конуса втулки, град.



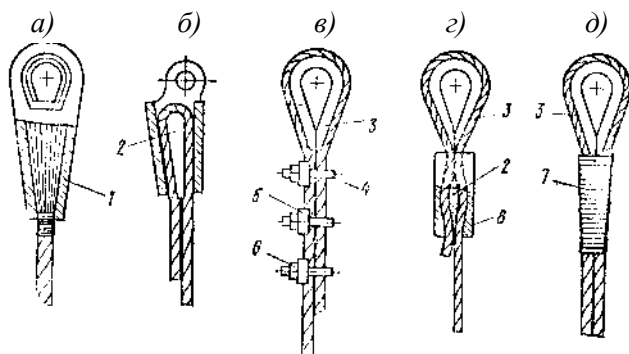


Рис. 5.4. Приспособления для закрепления концов канатов:  
 а – конической канатной втулкой со свинцовою заливкой;  
 б – клиновым зажимом; в – зажимными планками с установкой коуша; г – гильзоклиновым соединением; д – заплеткой каната при установке коуша; 1 – заливка легкоплавким сплавом; 2 – клин; 3 – коуш; 4 – скоба; 5 – планка; 6 – гайка; 7 – проволоочная заплетка; 8 – гильза, обжатая на канате

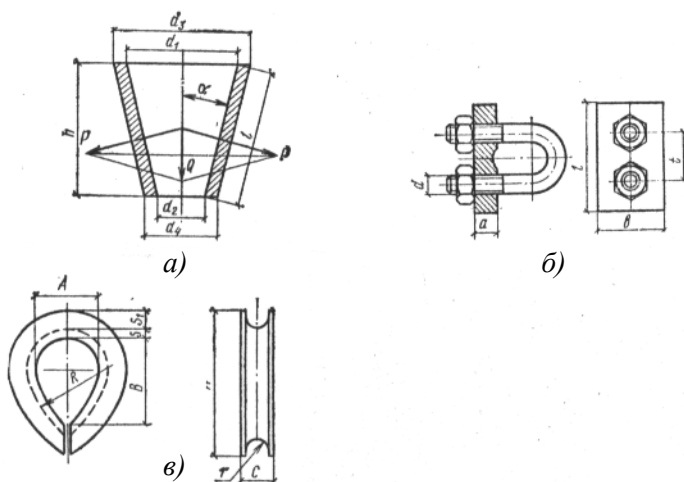


Рис. 5.5. Схемы расчета приспособлений для закрепления концов канатов: а – усилия, действующие на коническую канатную втулку; б – канатный зажим с планкой; в – стальной коуш

Удельное давление  $g$ , Па, на стенку втулки равно

$$g = \frac{2 \cdot P}{F} = \frac{4 \cdot P}{\pi \cdot l \cdot (d_1 + d_2)} = \frac{4 \cdot P_K}{\pi \cdot (d_1^2 - d_2^2)} \leq [g], \quad (5.37)$$

где  $F$  – площадь внутренней поверхности конической втулки, м<sup>2</sup>;  $l$  – длина втулки, м;  $d_1, d_2$  – наибольший и наименьший диаметры внутренней поверхности конической втулки, м;  $[g]$  – допускаемое удельное давление (при заливке втулки свинцом  $[g]=11,5$  МПа), Па.

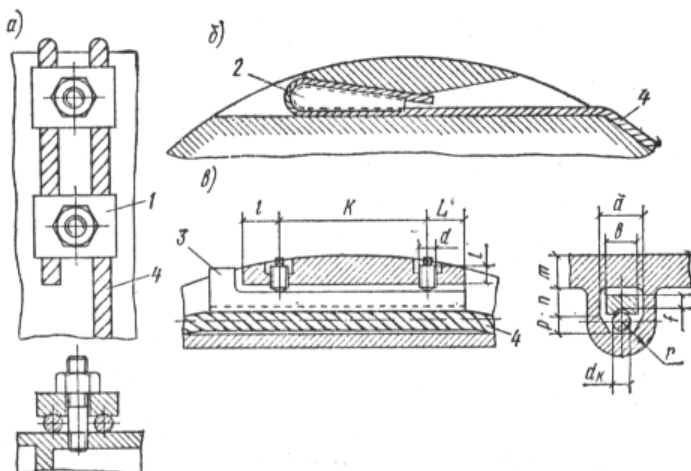


Рис. 5.6. Схемы крепления канатов на барабанах:  
 а – наружными накладками; б – крепежными клиньями;  
 в – планками с нажимными болтами;  
 1 – накладка; 2 – клин; 3 – планка; 4 – канат

Найдем значение  $d_1$ , м, при  $d_2 = d_K$ :

$$d_1 = \sqrt{\frac{4 \cdot P_K}{\pi \cdot [g] + d_K^2}}. \quad (5.38)$$

Высота втулки  $h$ , м, определяется из расчета на срез свинцовой заливки:

$$h = \frac{P_K}{\pi \cdot d_K \cdot [\tau_{CP}]}, \quad (5.39)$$

где  $[\tau_{CP}]$  – допускаемое напряжение материала заливки на срез (для свинца  $[\tau_{CP}]=12,5$  МПа), Па.

Толщина стенок втулки  $\delta$ , м, рассчитываемой как сосуд с внутренним удельным давлением  $g$ , равна

$$\delta = 0,5 \cdot (d_4 - d_2). \quad (5.40)$$

Наименьший наружный диаметр втулки  $d_4$ , м, определяется с использованием расчета на растяжение:

$$d_4 = d_2 \cdot \sqrt{\frac{[\sigma_P] + 0,4 \cdot g}{[\sigma_P] - 1,3 \cdot g}}, \quad (5.41)$$

где  $[\sigma_P]$  – допускаемое напряжение на растяжение материала втулки (для стального литья  $[\sigma_P]=50 \dots 70$  МПа), Па.

Размеры клиновых втулок и клиньев выбираются из [22, с. 191].

Канатные зажимы с планками и коуши (рис. 5.5, б и в) подбираются в зависимости от диаметра каната  $d_K$ .

Число устанавливаемых зажимов  $z$ , шт., зависит от усилия, растягивающего канат  $P_K$ :

$$z = \frac{1,2 \cdot P_K}{2 \cdot N \cdot f}, \quad (5.42)$$

где  $N$  – усилие, действующее вдоль оси скобы, Н;  $f$  – коэффициент трения каната по канату (принимается  $f = 0,15 \dots 0,20$ ).

Величина  $N$ , Н, определяется по формуле

$$N = \frac{\pi \cdot d^2 \cdot [\sigma_P]}{4}, \quad (5.43)$$

где  $d$  – диаметр стержня скобы, м;  $[\sigma_P]$  – допускаемое напряжение на растяжение материала скобы, Па.

Значение  $[\sigma_P]$ , Па, необходимо рассчитать из зависимости

$$[\sigma_P] = \frac{0,8 \cdot \sigma_T}{K_3}, \quad (5.44)$$

где  $\sigma_T$  – предел текучести материала скобы (выбирается из [13, с. 86-91]), Па;  $K_3$  – коэффициент запаса прочности скобы (при  $d \leq 14$  мм  $K_3 = 2,5$ ; при  $d > 14$  мм  $K_3 = 1,5$ ).

По правилам Госгортехнадзора на креплениях канатов должно быть установлено не менее трех зажимов.

Параметры зажимов для закрепления концов канатов приведены в [22, с.190], штампованных коушей – в [22, с.189].

Канаты на барабанах закрепляют с помощью наружных накладок, клиньев и планок с нажимными болтами (рис. 5.6).

## 5.9. Расчет основных грузозахватных устройств и приспособлений

Наиболее распространенными грузозахватными устройствами кранов [14, с. 87-97] являются одно- и двурогие крюки (рис. 5.7) и грузовые обоймы (рис. 5.8)

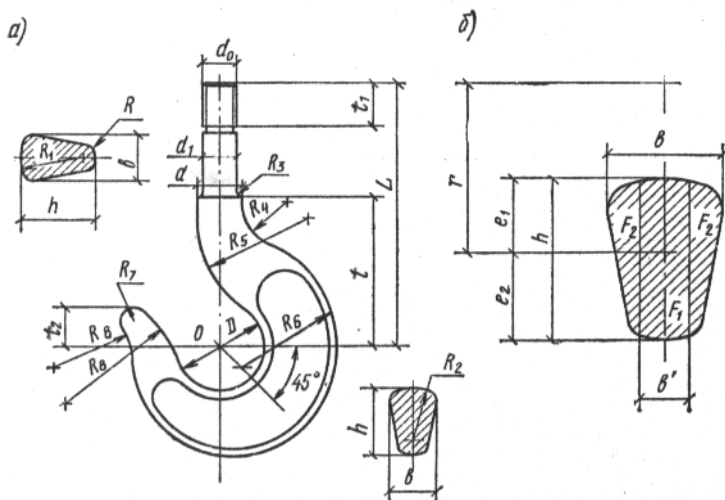


Рис. 5.7. Схема для расчета однорогого крюка:  
а – общий вид; б – поперечное сечение

Размеры и форма крюков, а также требования к качеству их изготовления по ГОСТ 6627-74 приведены в [14, с. 88-90; 22, с. 197-199].

Грузовая обойма состоит из двух ограждающих листов 1 с серьгами 6, блока 2, установленного на оси 3 и поперечины (траверсы) 5, на которой с помощью гайки 4 закреплен крюк.

Нагрузка от крюка передается на траверсу 5 через упорный шарикоподшипник 7.

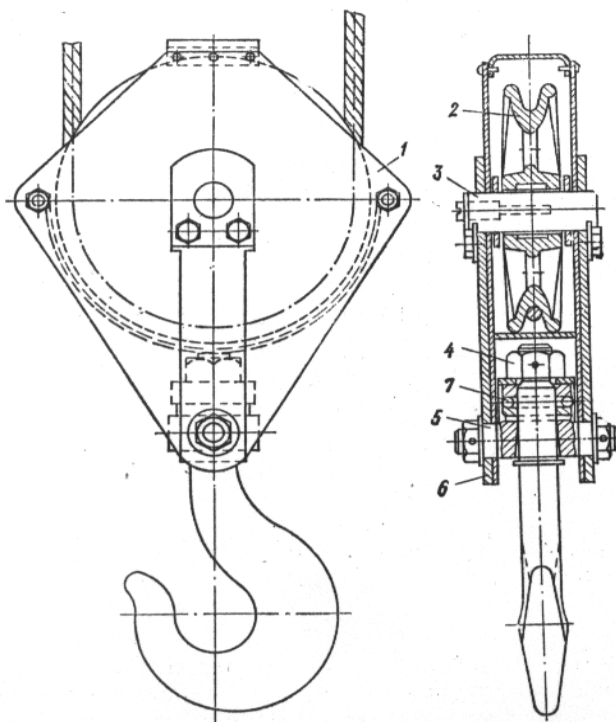
*Исходные данные для расчета:*

1) вес поднимаемого груза  $Q = 10 \dots 65$  кН;

2) режим работы крана: лёгкий ПВ = 15 %; средний ПВ = 25 %; тяжёлый ПВ = 40 %;

3) диаметр каната  $d_K = 11 \dots 20$  мм.

Основные размеры крюка (рис. 5.7, а) выбираются из [14, с. 88-90] или [22, с. 197-199] в зависимости от требуемой грузоподъемности  $Q$  и режима работы механизма ПВ.



*Рис. 5.8. Грузовая обойма:*

*1 – ограждающие листы; 2 – блок; 3 – ось; 4 – гайка;*

*5 – поперечина (траверса); 6 – серьги;*

*7 – упорный шарикоподшипник*

При необходимости их можно проверить из расчета на прочность. Напряжение в стержне крюка  $\sigma_P$ , Па, равно

$$\sigma_P = \frac{Q}{F_0} \leq [\sigma_P], \quad (5.45)$$

где  $Q$  – сила, действующая на крюк, Н;  $F_0$  – площадь ослабленного сечения стержня крюка, м<sup>2</sup>;  $[\sigma_P]$  – допускаемое напряжение на растяжение материала резьбового стержня крюка (для стали 20  $[\sigma_P] = 55$  МПа), Па.

Величину  $F_0$ , м<sup>2</sup>, вычисляем по формуле

$$F_0 = \frac{\pi \cdot d_{BH}^2}{4}, \quad (5.46)$$

где  $d_{BH}$  – внутренний диаметр резьбы (рассчитывается по формулам [15, с. 141-144, 184-187]), м.

Минимальная высота гайки крюка  $H$ , м, должна быть равна

$$H = \frac{4 \cdot Q \cdot P}{\pi \cdot (d_0^2 - d_{BH}^2) \cdot [g]}, \quad (5.47)$$

где  $P$  – шаг резьбы стержня крюка (выбирается из [15, с. 141, 184]), м;  $d_0$  – наружный диаметр резьбы, м;  $[g]$  – допускаемое удельное давление (для стали по стали  $[g] = 15 \dots 25$  МПа), Па.

Напряжение в сечениях тела крюка определяется из расчета на растяжение  $\sigma_P$  и сжатие  $\sigma_{СЖ}$ , Па:

$$\sigma_P = \frac{Q}{K \cdot F} \cdot \frac{l_1}{r - l_1} \leq [\sigma_P], \quad (5.48)$$

где  $l_1$  – расстояние от центра тяжести сечения до наиболее растянутых волокон, м;  $K$  – коэффициент, учитывающий форму сечения (при трапецидальной форме  $K = 0,08 \dots 0,12$ );  $F$  – площадь поперечного сечения, м<sup>2</sup>;  $r$  – радиус кривизны нейтральной оси крюка, м.

Величину  $l_1$ , м, (рис. 5.7, б) находим из формулы

$$l_1 = \frac{h}{3} \cdot \frac{2 \cdot b' + b}{b' + b}, \quad (5.49)$$

где  $h$ ,  $b$ ,  $b'$  – конструктивные параметры крюка (рис. 5.7, б) (выбираются из [14, с. 88-89]), м.

Между параметрами сечения крюка имеется зависимость  $b = (2,0 \dots 2,5) \cdot b'$ .

При трапецидальной форме площадь поперечного сечения крюка  $F$ , м<sup>2</sup>, равна

$$F = \frac{(b + b') \cdot h}{2}. \quad (5.50)$$

Радиус кривизны нейтральной оси крюка  $r$ , м, (рис. 5.7, б) равен

$$r = 0,5 \cdot D + l_1, \quad (5.51)$$

где  $D$  – конструктивный размер крюка (выбирается из [14, с. 88-89]), м.

Напряжение на сжатие  $\sigma_{СЖ}$ , Па, вычисляется по формуле

$$\sigma_{СЖ} = \frac{Q}{K \cdot F} \cdot \frac{l_2}{r + l_2} \leq [\sigma_{СЖ}], \quad (5.52)$$

где  $l_2$  – расстояние от центра тяжести сечения до наиболее сжатых волокон, м.

Величина  $l_2$ , м, (рис. 5.7, б) равна

$$l_2 = h - l_1. \quad (5.53)$$

Найденные величины  $\sigma_P$  и  $\sigma_{СЖ}$  необходимо сравнить с допускаемыми значениями. Если они окажутся больше  $[\sigma_P]$  и  $[\sigma_{СЖ}]$ , то необходимо выбрать крюк следующего номера из [14, с. 88-90] или [22, с. 197-199].

Пример расчета грузовой обоймы приведен в [14, с. 91-96].

## 5.10. Расчет основных параметров лебедки

Лебедки служат для подъема и подтягивания грузов [14, с. 128-130]. Они могут использоваться как самостоятельные грузоподъемные механизмы, а также входить в состав кранов, подъемников и др.

Лебедки приводятся в движение от ручного привода, от двигателя внутреннего сгорания, электро- или гидродвигателя и т.д.

Схемы некоторых видов лебедок приведены на рис. 5.9.

**Лебедка с ручным приводом** (рис. 5.9, а) состоит из барабана 4, установленного на валу и закрепленного в двух ограждающих листах 5.

Вращение на барабан передается одной или несколькими парами зубчатых колес 3, установленных на промежуточных валах.

Ведущий вал приводится во вращение одной или двумя рукоятками 1.

Автоматический грузоупорный тормоз 2 обеспечивает удержание поднятого груза или его плавное опускание.

На лебедках может быть установлен грузоупорный управляемый тормоз (рис. 5.9, б).

На ведущем валу 6 на шпонке установлен тормозной диск 7. Другой тормозной диск 9, объединенный с приводной шестерней, может перемещаться на валу 6 по винтовой нарезке. Между тормозными дисками на валу свободно вращается храповое колесо 8.

Между тормозными дисками на валу свободно вращается храповое колесо 8.

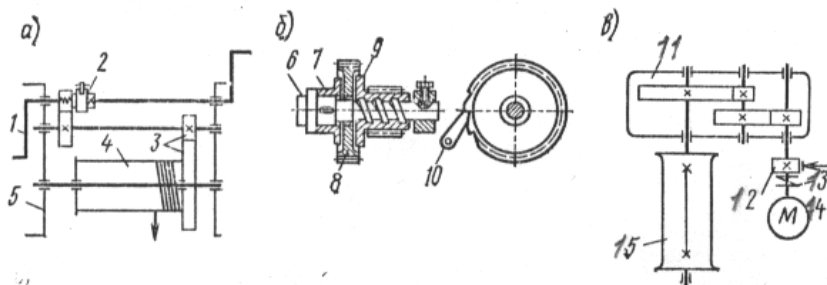


Рис. 5.9. Схемы лебедок:

- а* – лебедка с ручным приводом; *б* – грузоупорный тормоз;  
*в* – лебедка с электромеханическим приводом;  
 1 – приводная рукоятка; 2 – грузоупорный тормоз; 3 – зубчатые колеса; 4 – барабан; 5 – ограждающие листы; 6 – ведущий вал;  
 7, 9 – тормозные диски; 8 – храповое колесо; 10 – собачка;  
 11 – редуктор; 12 – тормозной шкив; 13 – соединительная муфта; 14 – электродвигатель; 15 – барабан

Направление резьбы выбрано так, что в условиях подъема груза тормозные диски 7 и 9 сближаются и зажимают храповое колесо, при этом собачка 10 не препятствует его вращению.

После прекращения подъема или при случайном освобождении приводной рукоятки собачка, упираясь в зубья храпового колеса, останавливает вал 6.

Для опускания груза рукоятку вращают в обратную сторону.

**У реверсивной лебедки** (рис. 5.9, в) вал электродвигателя 14 через муфту 13 постоянно соединен с редуктором 11, а выходной вал редуктора – с барабаном 15.

Наружная поверхность 12 соединительной муфты 13 используется в качестве тормозного шкива двухколесного электромагнитного тормоза.



Изменение направления вращения барабана при подъеме или опускании груза достигается реверсированием направления вращения вала электродвигателя с помощью пусковой электроаппаратуры.

**Исходные данные для расчета:**

- 1) усилие на рукоятке  $P_p = 150 \dots 200$  Н (при продолжительной работе  $P_p = 120 \dots 150$  Н);
- 2) длина рукоятки  $l_p = 300 \dots 400$  мм;
- 3) диаметр барабана  $D_B = 200 \dots 400$  мм;
- 4) число зубьев промежуточных шестерен редуктора  $z_1 = 16, 18, 20, 22$ ;  $z_2 = 70, 76, 78, 80$ ;  $z_3 = 14, 16, 18, 20$ ;  $z_4 = 80, 82, 84, 86$ , шт.;
- 5) число рабочих  $n = 1 \dots 2$ .

Общее передаточное число редуктора лебедки от приводного вала до барабана  $i$  определяется по формуле

$$i = i_1 \cdot i_2 = \frac{z_2}{z_1} \cdot \frac{z_4}{z_3}, \quad (5.54)$$

где  $i_1, i_2$  – передаточные числа ступеней редуктора.

Крутящий момент на валу приводной рукоятки может создаваться резким рывком, поэтому значение  $M_p$ , Н·м, рассчитывается по удвоенной силе  $P_p$ :

$$M_p = 2 \cdot n \cdot P_p \cdot l_p. \quad (5.55)$$

Величина крутящего момента на барабане  $M_B$ , Н·м, равна

$$M_B = M_p \cdot \eta \cdot i, \quad (5.56)$$

где  $\eta$  – КПД лебедки (принимается  $\eta = 0,7 \dots 0,8$ ).

Тяговое усилие лебедки  $P_K$ , Н, рассчитывается следующим образом:

$$P_K = \frac{2 \cdot M_B}{D_B}, \quad (5.57)$$

где  $D_B$  – диаметр барабана, м.

Технические характеристики ручных и электрических лебедок приведены в [23, с. 221].

## 5.11. Расчет и выбор полиспаста лебедки

Полиспасты [14, с. 78-82, 132; 23, с. 58-61] являются простейшими грузоподъемными устройствами, состоящими из блоков и соединяющих их канатов (рис. 5.10).

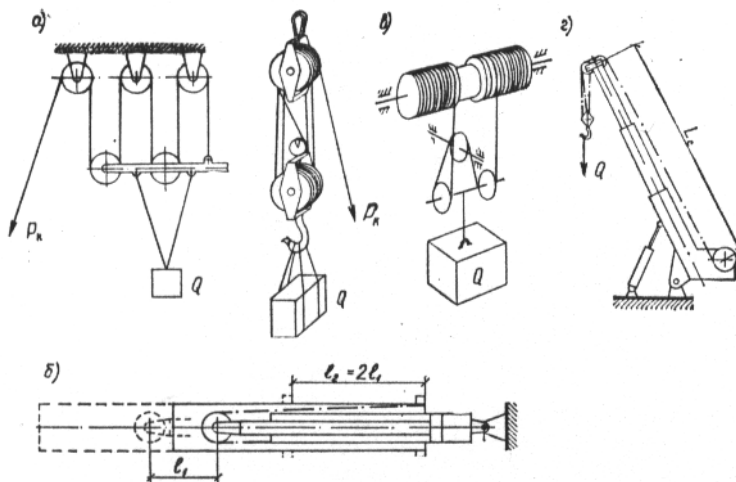


Рис. 5.10. Схемы полиспастов:

*а – пятикратный для выигрыша в силе; б – двухкратный для выигрыша в скорости; в – сдвоенный двухкратный для выигрыша в силе; г – схема закрепления полиспаста на кране;*

*$l_1$  – перемещение штока гидроцилиндра;*

*$l_2$  – путь, пройденный смещаемым элементом*

В зависимости от схемы запасовки каната они позволяют уменьшить нагрузку на тяговые механизмы крана при подъеме и перемещении грузов (рис. 5.10, *а* и 5.10, *в*).

В первом случае кратность полиспаста (п. 5.6) равна  $i_{II} = 5$ , а его КПД -  $\eta_{II} = \eta_i^n = 0,97^5 = 0,86$ .

Для второго случая  $i_{II} = 2$ , а  $\eta_{II} = 0,97^3 = 0,91$ .

На рис. 5.10, *б* показан полиспаст, позволяющий получить двухкратный выигрыш в скорости перемещения груза.

Схема запасовки каната в полиспасте, позволяющем получить четырехкратный выигрыш в силе, изображена на рис. 5.11.

В последнем случае кратность полиспаста равна  $i_{II} = 4$ , а его КПД –  $\eta_{II} = 0,97^5 = 0,86$ .

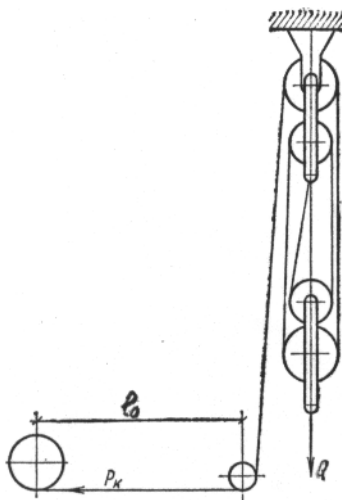


Рис. 5.11. Схема полиспаста для четырехкратного выигрыша в силе

Усилие, действующее на нижние, подвижные блоки полиспаста  $P_H$ , Н, вычисляется по формуле

$$P_H = Q_{\Gamma} + Q_3, \quad (5.58)$$

где  $Q_{\Gamma}$  – вес поднимаемого груза, Н;  $Q_3$  – вес грузозахватного устройства (выбирается из [14, с. 90]), Н.

При подъеме грузов сила, действующая на верхние неподвижные блоки  $P_B$ , несколько больше, чем  $P_H$ , за счет веса подвижных блоков  $Q_B$  и каната в рабочих ветвях полиспаста  $Q_K$ , а также усилия  $P_K$  в канате, сбегаящем с последнего блока полиспаста (рис. 5.10, а).

Приближенно можно считать, что усилие  $P_B$ , Н, действующее на верхние неподвижные блоки полиспаста, будет равно

$$P_B = K_{\Gamma} \cdot P_H, \quad (5.59)$$

где  $K_{\Gamma}$  – коэффициент грузоподъемности (при грузоподъемности полиспаста  $Q_{\Gamma} \leq 500$  кН  $K_{\Gamma} = 1,1$ ).

В этом случае обе обоймы блоков полиспаста (нижнюю и верхнюю) рекомендуется подбирать по максимальному усилию  $P_B$ , действующему на верхние блоки (рис. 5.10, а).

Если сбегающий с полиспаста канат сходит с обоймы подвижных блоков (рис. 5.10, в), то обе обоймы блоков выбираются по усилию  $P_H$ , действующему на нижние блоки.

Количество блоков в верхней и нижней обойме полиспаста, их диаметр, грузоподъемность и массу подбирают в зависимости от расчетного усилия  $P_B$  или  $P_H$  из [23, с. 220].

## 5.12. Классификация электродвигателей грузоподъемных машин

Для работы на грузоподъемных машинах в основном применяются крановые электродвигатели переменного тока (асинхронные с фазным ротором серии МТФ, МТН; с короткозамкнутым ротором серии МТКФ, МТКН), а также двигатели постоянного тока серии Д [14, с. 120-125; 22, с. 202-220].

*Трехфазные асинхронные двигатели серии МТ* используют в подъемно-транспортных механизмах всех видов.

Они работают при напряжении 220, 380 и 500 В, имеют мощность от 1 до 200 кВт при частоте вращения вала 560...980 мин<sup>-1</sup>.

*Электродвигатели постоянного тока серии Д* выпускаются рассчитанными на номинальное напряжение 220 и 440 В, мощностью 2,5...185,0 кВт, с частотой вращения вала от 410 до 1460 мин<sup>-1</sup>.

Для талей, лебедок, кран-балок и другого оборудования применяются трехфазные асинхронные короткозамкнутые двигатели серии 4А.

Они рассчитаны на номинальное напряжение 220, 380 и 660 В, имеют мощность от 0,1 до 400,0 кВт при частоте вращения вала 500...3000 мин<sup>-1</sup>.

Двигатели данной серии маркируют слева направо в определенной последовательности:

4 А 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11,

где 4 – порядковый номер серии; А – вид двигателя (асинхронный); 1 – исполнение двигателя по способу охлаждения и защиты от окружающей среды (защищенный Н, закрытый обдуваемый – не обозначается); 2 – материал станины и щитов (алюминиевые А, чугунные или стальные – не обозначаются); 3 4 5 – высота оси вращения вала (три или две цифры), мм; 6 – установочный размер по длине станины (S, М или L); 7 – длина сердечника статора (А или В); 8 – число полюсов (2, 4, 6, 8, 10, 12); 9 10 – исполнение двигателя

(химически стойкий Х, повышенной точности по установочным размерам П, пылезащитный УП); 11 – вид климатического исполнения.

При подборе электродвигателя учитывается режим его работы (табл. 5.2).

*Относительная продолжительность включений ПВ* – это суммарное время запуска и установившейся работы электродвигателя, отнесенное к полному времени цикла (за час, смену и т.д.).

При легком режиме работы осуществляется не более 60 включений двигателя в час, среднем – 120, тяжелом – 240, а при весьма тяжелом – более 240 включений.

*Таблица 5.2*  
*Характеристики режимов работы электродвигателя*

Режим работы	Коэффициент использования		ПВ, %	Температура окружающей среды, °С
	в течение года	в течение суток		
Легкий (Л)	0,25	0,33	15	25
Средний (С)	0,50	0,67	25	25
Тяжелый (Т)	0,75	0,67	40	25
Весьма тяжелый (ВТ)	1	1	40	45
Весьма тяжелый непрерывный (ВТН)	1	1	60...80	45

Рассмотрим далее расчет и выбор электродвигателя.

### 5.13. Расчёт и выбор электродвигателя лебёдки

Скорость навивки каната на барабан  $V_K$ , Вт, вычисляется по формуле

$$V_K = V_{ГР} \cdot i_n, \quad (5.60)$$

где  $V_K$  – скорость подъёма груза (принимая  $V_{ГР} = 0,1 \dots 0,4$  м/с), м/с;  $i_n$  – кратность полиспаста (определяется из схемы запасовки каната) [14, с. 125-128, 132-135].

Требуемая мощность на валу барабана  $N_B$ , Вт, равна

$$N_B = P_K \cdot V_K, \quad (5.61)$$

где  $P_K$  – тяговое усилие лебёдки (усилие в канате, навиваемом на барабан), Н.

Мощность на валу электродвигателя  $N_{ДВ}$ , Вт, рассчитывается следующим образом:

$$N_{ДВ} = \frac{N_B}{\eta}, \quad (5.62)$$

где  $\eta$  – КПД лебёдки ( $\eta = 0,7 \dots 0,8$ ).

Вычислив  $N_{ДВ}$  и зная режим работы ПВ, из [14, с. 123-125] или [22, с. 202-220] подбираем электродвигатель и определяем его технические характеристики.

Например, при  $N_{ДВ} = 8$  кВт и ПВ = 25% можно выбрать трёхфазный асинхронный короткозамкнутый двигатель серии 4А160S6У3 мощностью  $N_{ДВ} = 11$  кВт при частоте вращения вала  $n_{ДВ} = 1000$  мин<sup>-1</sup>, с отношением  $M_{МАХ}/M_H = 2,0$ .

Выбранный электродвигатель необходимо проверить на перегрузочную способность в период неустановившегося вращения вала (запуск, разгон, торможение).

В период запуска статический момент  $M_C$ , Н·м, на валу двигателя равен

$$M_C = \frac{P_K \cdot D_B}{2 \cdot i \cdot \eta}, \quad (5.63)$$

где  $i$  – передаточное число лебёдки от двигателя до барабана.

Динамический момент на валу электродвигателя  $M_D$ , Н·м, от инерции поднимаемого груза за время  $t = 2$  с рассчитывается по формуле

$$M_D = \frac{P_K \cdot V_K \cdot D_B}{2 \cdot g \cdot t \cdot i \cdot \eta}, \quad (5.64)$$

где  $g = 9,81$  м/с<sup>2</sup>.

Динамический момент на валу двигателя от инерции вращающихся масс элементов привода  $M'_D$ , Н·м, равен

$$M'_D = \frac{K \cdot \pi \cdot J_{ДВ} \cdot n_{ДВ}}{30 \cdot t}, \quad (5.65)$$

где  $K$  – коэффициент запаса ( $K = 1,15 \dots 1,25$ );  $J_{ДВ}$  – момент инерции вала электродвигателя (определяется при выборе двигателя),  $\text{кг} \cdot \text{м}^2$ ;  $t$  – время ( $t = 2$  с), с.

Пусковой момент на валу  $M_{П}$ , Н·м, определяется из следующей зависимости:

$$M_{П} = M_{С} + M_{Д} + M'_{Д}. \quad (5.66)$$

Номинальный момент на валу электродвигателя  $M_{Н}$ , Н·м, вычисляется по формуле

$$M_{Н} = 9550 \cdot \frac{N_{ДВ}}{n_{ДВ}}. \quad (5.67)$$

Электродвигатель выбран с запасом, если расчётное значение  $M_{П}/M_{Н}$  меньше, чем табличное значение  $M_{МАХ}/M_{Н}$ .

## 5.14. Расчёт и выбор редуктора лебёдки

Редукторы, выполненные по различным конструктивным схемам, получили достаточно широкое распространение в подъёмно-транспортных и других механизмах [14, с. 52-55, 133-134; 24, с. 502-542].

Существует 36 различных вариантов сборки цилиндрических редукторов, 6 – конических и 10 – червячных.

Они изготавливаются в различном климатическом исполнении и допускают двукратную кратковременную перегрузку при запуске и остановке электродвигателя.

Узкие горизонтальные одноступенчатые цилиндрические зубчатые редукторы серии ЦУ имеют передаточное число  $2,0 \dots 6,3$  и номинальный крутящий момент на тихоходном валу от 250 до 4000 Н·м.

Такие же двухступенчатые цилиндрические редукторы типа Ц2 и Ц2У имеют аналогичные характеристики и передаточные числа от 8 до 40.

Цилиндрические зубчатые двухступенчатые горизонтальные редукторы с зацеплением Новикова серии Ц2Н выпускаются с передаточным числом  $8 \dots 50$  и крутящим моментом от 7,8 до 45,2 кН·м.

В коническо-цилиндрических двух- и трёхступенчатых зубчатых редукторах типа КЦ тихоходный вал имеет цилиндрическую, а быстроходный – коническую форму.

Они изготавливаются с передаточным числом 6,3...28,0 и крутящим моментом от 0,5 до 10,0 кН·м.

Червячные цилиндрические одноступенчатые универсальные редукторы серии РЧУ выпускаются с тихоходным валом цилиндрической формы, а с быстроходным валом – конической, передаточным числом 8...63 и крутящим моментом на тихоходном валу от 26 до 31 Н·м.

В таких же червячных редукторах типа Ч передаточное число может быть равно 8...63, а крутящий момент – от 26 до 250 Н·м.

Зубчатые цилиндрические одно- и двухступенчатые мотор-редукторы серии МЦ выпускаются в сборе с электродвигателями типа 4А мощностью 0,5...18,5 кВт и рассчитаны на передаточное отношение 3,1...3,2 и крутящий момент на тихоходном валу от 53 до 469 Н·м.

Планетарные зубчатые горизонтальные одно- и двухступенчатые мотор-редукторы типа МПз изготавливаются в сборе с электродвигателями серии 4А мощностью 0,25...18,50 кВт, с передаточным числом 26...40 и крутящим моментом от 2,5 до 2000 Н·м.

Частота вращения барабана лебёдки  $n_B$ , мин<sup>-1</sup>, определяется по формуле

$$n_B = \frac{60 \cdot V_K}{\pi \cdot [D_B + d_K \cdot (2 \cdot m - 1)]}, \quad (5.68)$$

где  $m$  – число слоёв наковки каната на барабан, шт.

Передаточное число редуктора лебёдки  $i$  рассчитывается из следующей зависимости:

$$i = \frac{n_{ДВ}}{n_B}. \quad (5.69)$$

Вычислив  $i$  и зная режим работы механизма ПВ, из [14, с. 53-55] или [24, с. 502-531] подбираем редуктор и его технические характеристики.

Например, при расчётном значении  $i = 35,2$  и ПВ = 25 % может быть выбран цилиндрический двухступенчатый горизонтальный редуктор Ц2-250 с передаточным числом  $i = 32,4$  для  $n_{ДВ} = 1000$  мин<sup>-1</sup>. Мощность на ведущем валу равна 9,2 кВт, что обеспечивает выбранный в п. 5.12 электродвигатель.

Полное обозначение выбранного редуктора расшифровывается следующим образом:



Редуктор Ц 2 - 250 - 32, 4 - 12 К У 2 ,

где Ц2 – цилиндрический двухступенчатый; 250 – межосевое расстояние тихоходной ступени, мм; 32,4 – передаточное число; 12 – вариант сборки; К – коническая форма тихоходного (выходного) вала; У – вид климатического исполнения (для умеренного климата); 2 – категория размещения (вторая).

После выбора редуктора необходимо уточнить частоту вращения барабана лебёдки  $n_B$ ,  $\text{мин}^{-1}$ , и скорость навивки первого и последнего слоя каната на барабан  $V_K$ , м/с:

$$n_B = \frac{n_{ДВ}}{i}, \quad (5.70)$$

$$V_K = \frac{\pi \cdot (D_B + d_K) \cdot n_B}{60}, \quad (5.71)$$

$$V_K = \frac{\pi \cdot [D_B + d_K \cdot (2 \cdot m - 1)] \cdot n_B}{60}. \quad (5.72)$$

Далее перейдём к выбору тормоза для лебёдки.

### 5.15. Классификация остановов и тормозных устройств

Устройства [14, с. 101-113], предназначенные для удержания поднятого груза, предотвращения его самопроизвольного опускания и стопорения элементов грузоподъёмных машин, называются остановами (рис 5.12).

*Храповый останов* (рис. 5.12, а) состоит из храпового колеса и одной или нескольких собачек.

*Роликовый останов* (рис. 5.12, б) обеспечивает стопорение вращающегося элемента при затягивании роликов 3 в сужающиеся зазоры между вращающимся храповым диском 1 и неподвижным наружным кольцом 2.

Храповый диск может вращаться только по направлению стрелки, ролики при этом сжимают пружины и смещаются в широкую часть клинового зазора.

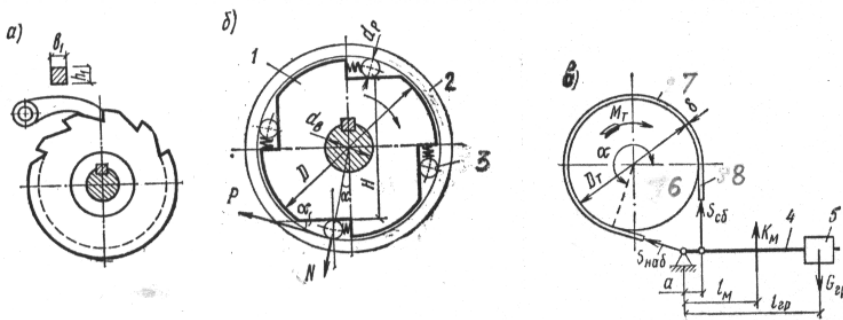


Рис. 5.12. Схемы останова и ленточного тормоза: а – храповый останов; б – роликовый останов; в – простой ленточный тормоз; 1 – храповый диск; 2 – неподвижное наружное кольцо; 3 – ролики; 4 – рычаг; 5 – тормозной груз; 6 – шкив; 7 – стальная лента; 8 – тормозная накладка

В отличие от остановов тормозные устройства обеспечивают замедленное движение и последующую остановку механизмов.

По конструкции тормоза могут быть *коническими, дисковыми, ленточными и колодочными*; последние два вида наиболее распространены.

По характеру работы тормозные устройства делятся на *разомкнутые и замкнутые*.

Для затормаживания разомкнутого тормоза необходимо приложить внешнюю силу к рычагу или педали.

Замкнутый тормоз постоянно заторможен под действием пружин или грузов. Для его растормаживания также необходимо приложить внешнюю силу.

В зависимости от схемы закрепления концов ленты на тормозном рычаге ленточные тормоза подразделяют на *простые, дифференциальные и суммирующие*.

*Простой тормоз* применяется, как правило, в нереверсивных механизмах.

*Дифференциальный тормоз* позволяет затормаживать большие крутящие моменты машин весом тормозного груза и небольшим усилием.

В *суммирующем устройстве* вес тормозного груза не зависит от направления вращения шкива. Такие тормоза применяются в механизмах поворота и передвижения кранов.

Простой ленточный тормоз (рис. 5.12, в) состоит из шкива 6, стальной ленты 7 с тормозной накладкой 8 и рычага 4.

Торможение происходит под действием груза 5 или в случае приложения к рычагу 4 внешней силы.

Тормозные ленты делают *стальными*, из *феррадо* (асбестомедной ткани) или *валяцованными* (асбест с железным суриком и резиновым клеем).

Ленты из феррадо могут быть шириной 20...270 мм и толщиной 4...12 мм, вальцованные тормозные ленты – соответственно 40...100 мм и 4...8 мм.

Закрепление ленты осуществляется заклёпками диаметром 8, 10 и 13 мм.

Схемы колодочных тормозов показаны на рис. 5.13.

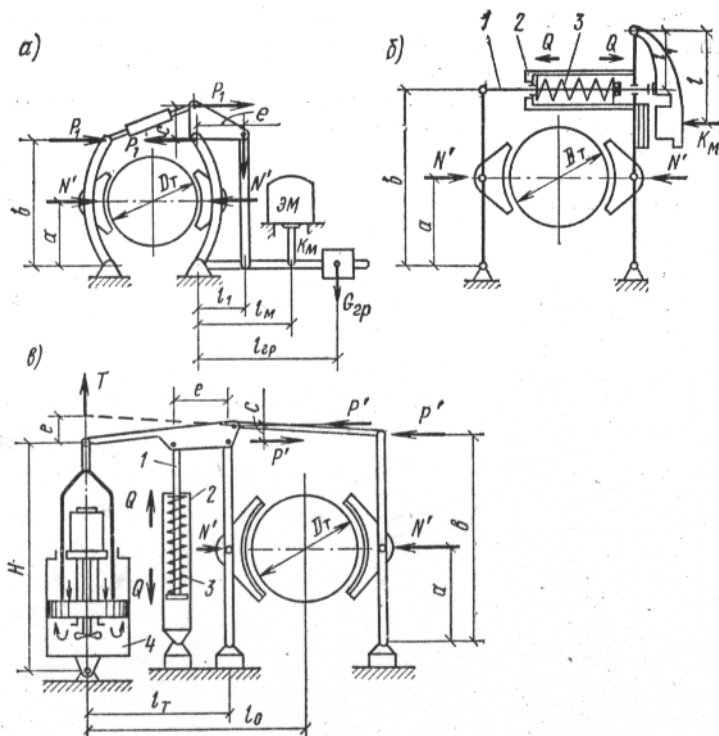


Рис. 5.13. Схемы двухколодочных тормозов:

- а – длинноходовой грузовой;
- б – короткоходовой пружинный;
- в – пружинный с электрогидротолкателем;
- 1 – шток;
- 2 – рамка;
- 3 – пружина;
- 4 – гидроцилиндр

*Колодочный тормоз* состоит из чугунного или стального шкива, тормозных колодок и рычагов, передающих усилия для прижимания колодок к тормозному шкиву.

Фрикционные накладки изготавливают из *феррадо, вальцованной ленты или ретинакса* и затем приклеивают или приклёпывают к чугунным колодкам.

Все тормоза на рис. 5.13 являются замкнутыми: длинноходовой – за счёт веса тормозного груза, а два остальных – за счёт усилий сжатых пружин.

Тормоз, изображенный на рис. 5.13, б, заторможен под действием сжатой пружины 3, один конец которой упирается в П – образную рамку 2, а другой – в упорную шайбу на штоке 1.

После включения электромагнита якорь притягивается к электромагнитной катушке и нажимает на шток 1; при этом пружина 3 сжимается и колодки отходят от тормозного шкива.

В тормозе с электрогидротолкателем (рис. 5.13, в) затормаживание осуществляется за счёт сжатой пружины 3.

Для растормаживания служит электрогидротолкатель, который состоит из гидроцилиндра 4 и электродвигателя с центробежным насосом, перекачивающим рабочую жидкость из верхней полости гидроцилиндра в нижнюю.

При выключении электродвигателя жидкость под действием внешней нагрузки перетекает в полость над поршнем, и под действием силы сжатия пружины 3 тормозные колодки затормаживают шкив.

Технические характеристики и основные размеры колодочных тормозов приведены в пособии [14, с. 110-114].

### **5.16. Расчёт и выбор тормоза для лебёдки с электроприводом**

Рассмотрим основные зависимости для расчёта двухколодочного тормоза с электрогидротолкателем [14, с. 107-117, 134-135].

Колодочный тормоз, как правило, устанавливают на соединительной муфте между электродвигателем и редуктором, поэтому крутящий момент на валу тормозного шкива определяется по формуле (5.67) как  $M_H$ .

Расчётный тормозной момент  $M_T$ , Н·м, равен

$$M_T = K_3 \cdot M_H, \quad (5.73)$$

где  $K_3$  – коэффициент запаса (при лёгком режиме работы механизма  $K_3 = 1,5$ ; среднем –  $K_3 = 1,75$ ; тяжёлом –  $K_3 = 2,0$ ; весьма тяжёлом –  $K_3 = 2,5$ ).

Диаметр тормозного шкива  $D_T$  выбирается в зависимости от тормозного момента  $M_T$ :

$D_T$ , мм	100	200	300	400	500	600	700	800
$M_T$ , Н·м	20	70...160	250...500	1000	2000	4000	6500	10000

Определив значения  $M_T$  и  $D_T$ , выбираем [14, с. 114] двухколodный тормоз с электрогидротолкателем.

Например, у электродвигателя 4А160S6УЗ мощностью 11 кВт при  $n_{дв} = 1000 \text{ мин}^{-1}$  и ПВ = 25 %, выбранного в п. 5.12,  $M_H = 105,1 \text{ Н·м}$ .

При  $M_T = 183,9 \text{ Н·м}$  и  $D_T = 200 \text{ мм}$  можно подобрать тормоз ТТ-200 с толкателем ТГМ-25, обеспечивающим толкающее усилие  $T = 250 \text{ Н}$  при ходе штока, равном 32 мм.

Расчётное окружное усилие  $P_P$ , Н, на ободе тормозного шкива вычисляется по формуле

$$P_P = \frac{2 \cdot M_T}{D_T}. \quad (5.74)$$

Сила прижатия тормозной колодки  $N'$ , Н, равна

$$N' = \frac{P_P}{2 \cdot f}, \quad (5.75)$$

где  $f$  – коэффициент трения между тормозной колодкой и шкивом (табл. 5.3).

Размеры тормозной колодки выбранного тормоза необходимо проверить на удельное давление  $g$ , Па, в месте соприкосновения колодки и шкива:

$$g = \frac{360 \cdot N'}{\pi \cdot D_T \cdot b \cdot \alpha} \leq [g], \quad (5.76)$$

где  $b$  – ширина тормозной колодки, м;  $\alpha$  – угол обхвата шкива колодкой (принимается  $\alpha = 60 \dots 90$  град.), град.;  $[g]$  – допускаемое удельное давление (значения приведены в табл. 5.3), Па.

Таблица 5.3

Значения коэффициента трения  $f$   
и допускаемого удельного давления  $[g]$

Материал трущихся поверхностей	Значения $f$		Значения $[g]$ , МПа
	при отсутст- вии смазки	при нали- чии смазки	
Сталь по чугуну и стали	0,15...0,20	0,06...0,10	1,5...2,0
Феррадо по чугуну и стали	0,35...0,37	0,16...0,25	0,5...0,6
Вальцованная лента по чугуну и стали	0,40...0,42	0,12...0,20	0,9...1,2

Сила сжатия пружины  $Q$ , Н, рассчитывается следующим образом:

$$Q = \frac{N' \cdot b \cdot c}{a \cdot e}, \quad (5.77)$$

где  $a$ ,  $b$ ,  $c$ ,  $e$  – конструктивные размеры тормоза (определяются при выборе тормоза из пособия [14, с. 114], м.

Величина необходимого усилия толкателя  $T_H$ , Н, должна быть меньше усилия  $T$  выбранного тормоза:

$$T_H = \frac{Q \cdot e}{l_T} < T, \quad (5.78)$$

где  $l_T$  – конструктивный параметр выбранного тормоза, м.

Далее необходимо рассмотреть расчёт монорельсов.

### 5.17. Расчёт монорельсов

Передвижение подъёмных ручных талей и электротельферов осуществляется по монорельсам, которые, как правило, представляют собой двутавровые балки, прикрепляемые к элементам строительных конструкций зданий [9, с. 83-85; 23, с. 66-67].

Работа на этих механизмах не требует наличия специально обученного персонала и может производиться рабочими цеха.

Монорельсы рассчитываются на *прочность, прогиб и устойчивость*.

При расчёте монорельса на прочность необходимо определить действующее на него усилие  $P$ , Н (рис. 5.14):

$$P = Q_{\Gamma} \cdot K_{\Pi} \cdot K_{\mathcal{D}} + Q_{\mathcal{T}} \cdot K_{\Pi}, \quad (5.79)$$

где  $Q_{\Gamma}$  – вес поднимаемого груза, Н;  $Q_{\mathcal{T}}$  – вес тали или тельфера (выбирается из табл. 5.4), Н;  $K_{\Pi}$  – коэффициент возможной перегрузки (принимается  $K_{\Pi} = 1,1$ );  $K_{\mathcal{D}}$  – коэффициент динамичности (для ручной тали  $K_{\mathcal{D}} = 1,1$ ; для электрической тали  $K_{\mathcal{D}} = 1,1$  при скорости движения  $V \leq 1$  м/с,  $K_{\mathcal{D}} = 1,2 \dots 1,3$  при  $V > 1$  м/с).

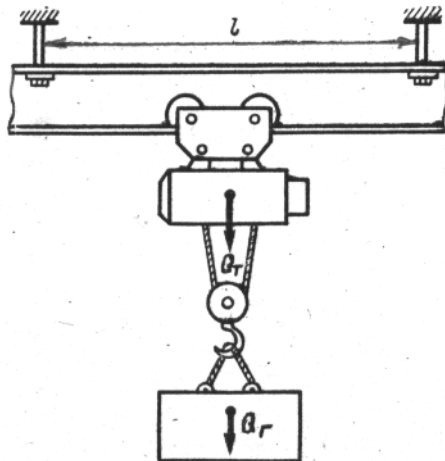


Рис. 5.14. Схема для расчёта монорейса

Максимальный изгибающий момент  $M_{\mathcal{H}}$ , Н·м, в монорейсе можно вычислить по формуле

$$M_{\mathcal{H}} = \frac{P \cdot l}{4}, \quad (5.80)$$

где  $l$  – пролёт монорейса, м.

Рассчитаем требуемый момент  $W_{\mathcal{T}\mathcal{P}}$ , м<sup>3</sup>, сопротивления поперечного сечения монорейса:

$$W_{\mathcal{T}\mathcal{P}} = \frac{M_{\mathcal{H}}}{m \cdot R}, \quad (5.81)$$

где  $m$  – коэффициент неучтённых условий работы элементов грузоподъёмного механизма (для подкрановых путей принимаем  $m = 0,85$  или выбираем из пособия [23, с. 229]);  $R$  – расчётное сопротивление прокатной стали на изгиб [23, с. 227-228], Па.

Таблица 5.4

Вес талей и тельферов

Наименование грузоподъёмного механизма	Вес механизмов $Q_T$ , Н, при их грузоподъёмности $Q_G$ , кН					
	10	20	32	50	80	125
Тали червячные	320	-	750	1450	2700	4100
Тали шестерёнчатые	300	500	700	1250	1700	-
Тельферы	2450	3600	5600	8150	-	-

Марки сталей	Ст 3	Ст 5	45	40Х
Расчетное сопротивление $R$ , МПа	210	260	290	340

Двутапровая балка для монорельса подбирается [23, с. 211] из условия, чтобы момент сопротивления её сечения  $W_X^D$  был больше расчётного требуемого момента сопротивления сечения  $W_{TP}$ .

Например, при  $W_{TP} = 4,85 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$  можно выбрать двутаптовую балку № 30а, у которой  $W_X^D = 5,18 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$ ; высота  $h = 300 \text{ мм}$ ; ширина полки  $b = 145 \text{ мм}$ ; толщина  $S = 6,5 \text{ мм}$ .

Прогиб монорельса  $f$ , м, определяется из следующей зависимости:

$$f = \frac{P \cdot l^3}{48 \cdot E \cdot J_X^D} \leq [f], \quad (5.82)$$

где  $E$  – модуль упругости материала балки (для стали  $E = (1,96 \dots 2,00) \cdot 10^{11} \text{ Н/м}^2$ ),  $J_X^D$  – момент инерции сечения монорельса (выбирается из [23, с.211]),  $\text{м}^4$ ;  $[f]$  – наибольшее допускаемое значение прогиба элементов грузоподъёмных машин (для монорельсового пути принимаем  $[f] = 0,25 \% \cdot l$ , где  $l$  – пролёт монорельса, или выбираем из [23, с. 234]), м.

При необходимости может быть также выполнен проверочный расчёт монорельса на устойчивость [9, с. 84-85].

### 5.18. Расчёт кран-балок и мостовых кранов

Широкое применение кран-балок (мостовых кранов) объясняется простотой их конструкции, лёгкостью управления с пола про-



изводственного корпуса и отсутствием необходимости в специально подготовленном персонале [9, с. 73-74; 23, с. 67-69].

Тип крана выбирается в зависимости от веса поднимаемого груза и длины пролёта здания. Наибольшее распространение получили мостовые краны грузоподъёмностью 3,5 и 10,0 т.

Кран-балки с ручной талью имеют грузоподъёмность до 1 т при ширине пролёта до 6 м; с электрической талью – до 3 т при ширине пролёта до 10...12 м.

Данные механизмы являются стандартным оборудованием и их расчёт сводится к определению размеров главной и концевой балок (см. рис. 5.15).

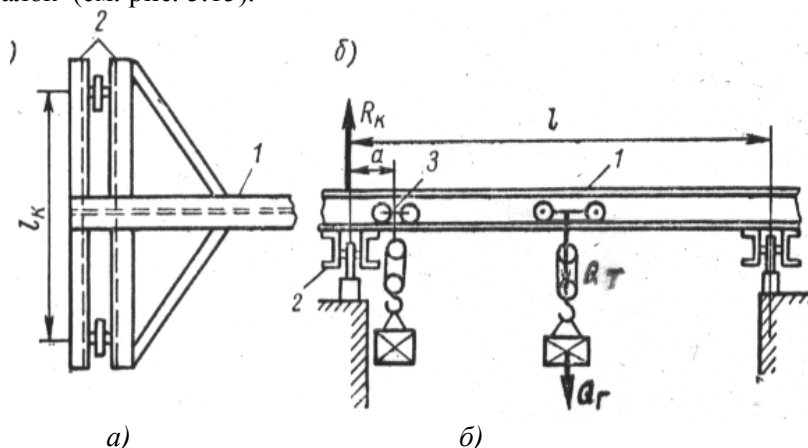


Рис. 5.15. Расчётная схема кран-балки (мостового крана): а – вид сверху; б – вид сбоку; 1 – главная балка; 2 – концевая ходовая балка; 3 – тележка с грузоподъёмным механизмом

Мостовой кран состоит из главной балки 1, по которой перемещается тележка с грузоподъёмным механизмом 3.

К краям главной балки приварены две концевые ходовые балки 2, на которых закреплены катки для горизонтального перемещения крана вдоль или поперёк производственного корпуса.

Усилие  $P$ , действующее на главную балку крана, определяем по формуле (5.79).

Максимальный изгибающий момент  $M_H$  в этой балке вычисляется по (5.79).

Требуемый момент  $W_{TP}$  сопротивления поперечного сечения главной балки рассчитывается по (5.81).

Двутавр для главной балки крана выбирается [23, с. 211] из условия, чтобы момент сопротивления его сечения  $W_X^D$  был больше расчётного значения  $W_{TP}$ .

Прогиб этой балки  $f$  определяется по формуле (5.82).

При этом величина предельного прогиба  $[f]$  мостового крана с ручным приводом равна  $0,25\% \cdot l$ , мостового крана с электроприводом –  $0,15\% \cdot l$ , электрической кран-балки –  $0,20\% \cdot l$ , где  $l$  – длина пролёта кран-балки.

Максимальное усилие, действующее на концевую ходовую балку крана  $R_K$ , Н, рассчитывается по формуле

$$R_K = \frac{P \cdot (l - a)}{l} + \frac{Q_{ГБ} \cdot K_L}{2}, \quad (5.83)$$

где  $a$  – минимальное расстояние от центра тележки до опоры главной балки (принимается  $a = 0,5$  м), м;  $Q_{ГБ}$  – вес главной балки крана для найденного размера двутавра, Н;  $K_L$  – коэффициент возможной перегрузки крана ( $K_L = 1,1$ ).

Величина  $Q_{ГБ}$ , Н, равна

$$Q_{ГБ} = g \cdot l, \quad (5.84)$$

где  $g$  – вес 1 м двутавровой балки (определяется из [24, с. 211]), Н/м.

Определим изгибающий момент  $M_{II}^K$ , Н·м, в концевой балке:

$$M_{II}^K = \frac{R_K \cdot l_K}{4}, \quad (5.85)$$

где  $l_K$  – расстояние между осями катков ходовой балки (принимается  $l_K = 2,0$  м), м.

Вычислим требуемый момент  $W_{TP}^K$ , м<sup>3</sup>, сопротивления поперечного сечения концевой балки:

$$W_{TP}^K = \frac{M_{II}^K}{m \cdot R}, \quad (5.86)$$

где  $m = 0,85$ .

Два двутавра для концевой ходовой балки крана подбираются [23, с. 211] из условия

$$W_X^D = n \cdot W_X' > W_{TP}^K, \quad (5.87)$$

где  $n$  – количество двутавров в концевой балке ( $n = 2$ );  $W_X'$  – момент сопротивления поперечного сечения одного двутавра, м<sup>3</sup>.

В связи с тем, что длина пролёта концевой ходовой балки  $l_K$  невелика, расчёт прогиба балки  $f$  не производится.

## **6. СИСТЕМА И ОРГАНИЗАЦИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ**

### **6.1. Система ТО и ремонта оборудования**

Оборудование, предназначенное для механизации технологических процессов ТО и ремонта подвижного состава АТ, является частью основных производственных фондов предприятия [5, с. 296-299].

В процессе эксплуатации оборудование, так же как и автомобиль, изнашивается, деформируется, подвергается коррозии и воздействию других факторов, что в конечном итоге снижает показатели его надёжности и долговечности.

Для поддержания работоспособности технологического оборудования разработана система технического обслуживания и ремонта, которая носит планово – предупредительный характер.

При ремонте гаражного оборудования в зависимости от его сложности и назначения применяются следующие виды технических воздействий, имеющих определённые для каждого вида оборудования перечни операций:

- 1) ежедневное обслуживание ЕО;
- 2) периодическое техническое обслуживание ТО;
- 3) сезонное обслуживание СО;
- 4) текущий ремонт Т;
- 5) средний ремонт для некоторых моделей оборудования С;
- 6) капитальный ремонт К.

Перечень, периодичность и трудоемкость операций ТО и ремонта устанавливаются Положением и Руководствами по ТО и Р технологического оборудования на АТП и СТО с учетом рекомендаций автозаводов.

Нормативы трудоёмкости и периодичности ТО и ремонта некоторых моделей гаражного оборудования приведены в работе [5, с. 297].

Например, установка для мойки легковых автомобилей модели М-130 имеет следующую периодичность операций: ежедневную ЕО, ТО – 200 ч, СО – 2 раза в год, Т – 600 ч и К – 6000 ч.

Трудоёмкость этих технических воздействий составляет соответственно: ЕО – 0,3 чел · ч; ТО – 8,0 чел · ч; СО – не нормируется, Т – 48,0 чел · ч; К – 352,0 чел · ч.

Для оборудования общетехнического назначения (металлорежущие станки, подъёмно-транспортные устройства, прессы и др.) регламентируется структура ремонтного цикла, т.е. перечень и последовательность выполнения всех технических воздействий с момента ввода оборудования в эксплуатацию до его капитальных ремонтов или между ними.

Трудоёмкость обслуживания и ремонта этого оборудования  $t_{ТО,Т}$ , чел · ч, определяется по следующей формуле:

$$t_{ТО,Т} = NR^M \cdot t_{ТО,Т}^M + NR^Э \cdot t_{ТО,Т}^Э, \quad (6.1)$$

где  $NR^M$  – категория (единица) ремонтной сложности механической и гидравлической систем оборудования [5, с. 298];  $NR^Э$  – то же электрической системы оборудования [5, с. 298];  $t_{ТО,Т}^M$  – удельная трудоёмкость ТО или Р элемента механической и гидравлической систем оборудования [5, с. 299], чел · ч;  $t_{ТО,Т}^Э$  – то же электрической системы оборудования [5, с. 299], чел · ч.

Например, трудоёмкость текущего ремонта  $t_T$  токарно-винторезного станка ДИП – 300 составляет  $t_T = 13 \cdot 6,1 + 5 \cdot 1,2 = 85,3$  чел · ч.

Для ТО и ремонта наиболее сложного технологического оборудования (моечное, подъёмно-транспортное, диагностическое и т.д.) устанавливаются номенклатура и нормы расхода запасных частей и материалов (чёрные и цветные металлы, электроды, электрокабели и провода, нефтепродукты, кислород и т.д.).

## 6.2. Организация ТО и Р технологического оборудования

Монтаж, техническое обслуживание, ремонт и списание габаритного оборудования выполняется службой главного механика (энергетика) автотранспортного предприятия (ОГМ) [5, с. 299-300]. Главный механик подчиняется главному инженеру АТП.

Служба главного механика осуществляет ежемесячное и годовое планирование и выполнение работ по ТО и Р технологического оборудования, ведет техническую и учётную документацию (паспорта, инструкции по эксплуатации), составляет отчёты о работе и акты приёма-сдачи машин, организует обучение и повышение квалификации своих работников, а также обеспечивает безопасность работы механизмов и персонала.

Кроме того, данная служба проводит модернизацию и замену гаражного оборудования, составляет требования на запасные части и материалы, изготавливает детали для ремонта механизмов, ведет учет затрат на их обслуживание и ремонт.

Штатное расписание ОГМ определяется видом, сложностью и годовой трудоёмкостью выполняемых на АТП работ по ТО и ремонту этого оборудования.

В зависимости от необходимого числа работающих образуются ремонтная группа и одна или две комплексные бригады для ТО и Р машин, в которые входит примерно одинаковое количество слесарей-ремонтников и электриков 2...6 разрядов.

Сложный ремонт (средний и капитальный) технологического оборудования, изготовление и восстановление деталей, а также нестандартных устройств следует централизовать. С этой целью организуют специализированные мастерские и выездные бригады для ремонта оборудования на АТП.

Перспективным направлением является организация изготовителями технологического оборудования региональных центров по его обслуживанию и ремонту, а также по обучению персонала ОГМ.

## **7. ОСНОВЫ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ НА АВТОМОБИЛЬНОМ ТРАНСПОРТЕ**

### **7.1. Методы исследования механических свойств металлов**

Все сплавы на диаграмме железо-углерод в зависимости от содержания углерода можно разделить на стали – до 2,14 % С и чугуны – 2,14...6,67 % С [29, с. 18-29]. Чугуны с содержанием С > 4,3 % не находят практического применения из-за высокой хрупкости и низкой прочности.

Вредными примесями в металлах являются *фосфор, сера и кислород*.

Фосфор вызывает хладоломкость стали, т.е. повышает ее хрупкость при низких температурах, а сера – краснеломкость, т.е. склонность к образованию трещин при высоких температурах. Поэтому предельное содержание фосфора не должно превышать 0,08%, а серы – 0,05%. Кислород уменьшает вязкость стали.

Свойства металлов и сплавов определяются химическим составом и структурой и подразделяются на физические, химические, механические и технологические.

*К физическим свойствам* относятся блеск, цвет, плотность, температура плавления, тепловое расширение, тепло- и электропроводность, способность к намагничиванию.

*Химические свойства* заключаются в способности металлов вступать в реакции с другими элементами и сложными соединениями, например с кислородом воздуха, углекислотой, водой.

В результате могут происходить разрушения и необратимые изменения их структуры и свойств.

*Механические свойства* металлов определяют их способность сопротивляться прикладываемым усилиям.

К таким свойствам относятся прочность, упругость, пластичность, твёрдость, хрупкость, вязкость и износостойкость.

*Прочностью* называется свойство металла, не разрушаясь, оказывать сопротивление воздействию внешних сил при его растяжении, изгибе, срезе или скручивании.

*Упругость* – это свойство материала принимать первоначальную форму и размеры после прекращения действия внешних сил.

*Пластичность* – свойство, обратное упругости.

Под *твёрдостью* понимается свойство металла оказывать сопротивление вдавливанию в него другого предмета из более твёрдого материала.

*Хрупкость* – это способность металла разрушаться или разбиваться на части от ударов без видимых предварительных деформаций.

*Вязкость* – свойство материала не разрушаться и не давать трещин при ударе (противоположно хрупкости).

*Износостойкостью* называется способность металла оказывать сопротивление изнашиванию в процессе трения.

Технологические свойства характеризуют способность металлов поддаваться различным видам механической обработки: ковке, штамповке, прокатке, обработке режущим инструментом.

Узлы и детали технологического оборудования работают в условиях больших нагрузок, поэтому для металлов важнейшими являются их механические свойства.

Наиболее распространенными для исследования механических свойств металлов являются статические испытания на растяжение и твёрдость, а также динамические – на удар и усталость.

*Испытание на растяжение* производится на специальных разрывных машинах. При этом используются стандартные образцы определённой формы и размеров.

Образец закрепляют в захвате машины и подвергают нагрузке, увеличивая растягивающую силу. Целью испытания является определение величины растягивающего усилия, превышающего сопротивление металла, при котором происходит разрыв образца.

Исследование металлов *на твёрдость* выполняется двумя методами: по Бринеллю и Роквеллу.

*Испытание по методу Бринелля* производится на твердомере типа ТШ путем вдавливания с определённой силой в поверхность образца металла стального закаленного шарика диаметром 10,5 или 2,5 мм.

Затем измеряется диаметр полученного отпечатка (лунки) и вычисляется число твёрдости по Бринеллю  $HB$ , Па:

$$HB = \frac{P}{F} = \frac{2 \cdot P}{\pi \cdot D \cdot \left( D - \sqrt{D^2 - d^2} \right)}, \quad (7.1)$$

где  $P$  – нагрузка на шарик, Н;  $F$  – площадь поверхности отпечатка, м<sup>2</sup>;  $D$  – диаметр шарика, м;  $d$  – диаметр отпечатка, м.

Данный метод применяется для определения твёрдости деталей из незакаленных металлов и цветных сплавов.

*Испытание на твёрдость по Роквеллу* производится на приборе типа ТК путём вдавливания алмазного конуса с углом 120 ° (шкала А и С) или стального закаленного шарика диаметром 1,59 мм (шкала В) в поверхность закаленной или незакаленной готовой детали.

Определение твердости по этому методу заключается в измерении величины перемещения наконечника прибора в единицах HRA, HRB и HRC.

Используя специальные таблицы, полученные значения можно перевести в единицы твердости HB по Бринеллю.

*Испытание на удар* проводится с целью оценки сопротивляемости металла ударной нагрузке. Для этого используют специальную машину – маятниковый копр.

Исследуемый образец устанавливают на опоры копра и подвергают ударному воздействию массивным маятником, падающим с определённой высоты.

*Испытания на усталость* позволяют выявить срок службы ответственных деталей (коленчатые валы, шатуны, полуоси и т.д.), которые подвергаются воздействию повторных и знакопеременных нагрузок.

На испытательных машинах детали в зависимости от их назначения подвергаются нагрузке на изгиб, сжатие-растяжение и кручение.

Единицей измерения является предел выносливости, т.е. величина допускаемого напряжения, которое выдерживает металл без разрушения при заданном количестве циклов нагружения.

Результатом исследования является кривая усталости, представляющая зависимость напряжения от числа циклов нагружения, причем минимальная величина напряжения, выдерживаемая металлом в конце испытания, и будет характеризовать предел выносливости.

## 7.2. Способы улучшения качества стали

*Термическая и химико-термическая обработка* позволяет улучшить свойства стали путем изменения ее структуры и химического состава [29, с. 29-38].

*Термообработка* заключается в последовательном проведении нагрева металла до необходимой температуры, выдержке в течение некоторого времени и охлаждении с заданной скоростью.

Основными видами термообработки являются *отжиг, нормализация, закалка и отпуск*.

*Отжиг* производится для выравнивания химического состава стали, измельчения формы зерна, снятия остаточных внутренних



напряжений, повышения пластичности и улучшения обрабатываемости металла.

При отжиге детали нагревают до температуры на  $30...50\text{ }^{\circ}\text{C}$  выше критической точки  $A_{C3}$  на диаграмме состояния, выдерживают некоторое время, затем охлаждают вместе с печью до  $500...200\text{ }^{\circ}\text{C}$  и заканчивают охлаждение на воздухе.

*Нормализация* выполняется с той же целью, что и полный отжиг. В этом случае после нагрева и выдержки металл охлаждается на воздухе, поэтому нормализация более производительна, чем отжиг.

Она применяется для углеродистых и малолегированных сталей с целью уменьшения величины зерна и внутренних напряжений, улучшения структуры перед закалкой и обрабатываемости резанием.

*Закалка* служит для повышения прочности, твёрдости, упругости и износостойкости деталей, но в результате обработки также снижается их пластичность.

Закаливаемостью стали называется ее способность приобретать максимально высокую твёрдость, которая возрастает с увеличением содержания углерода. Стали с содержанием  $C < 0,3\text{ }\%$  не закаливаются.

Процесс закалки заключается в нагреве металла до температуры на  $30...50\text{ }^{\circ}\text{C}$  выше критической точки  $A_{C3}$  для доэвтектоидных сталей и на  $20...30\text{ }^{\circ}\text{C}$  выше точки  $A_{C1}$  для заэвтектоидных сталей, выдержке при этой температуре и быстром охлаждении в воде, минеральном масле, в водных растворах солей, щелочей и т.д.

*Поверхностная закалка* состоит в том, что деталь помещают в индукционную катушку (индуктор), через который проходит ток высокой частоты (ТВЧ) от машинного или лампового генератора.

При этом вокруг индуктора возникает переменное магнитное поле, возбуждающее по закону электромагнитной индукции вихревые токи в детали, которые за несколько секунд нагревают ее поверхностный слой до температуры закалки. Затем деталь быстро охлаждают.

*Отпуск* представляет собой заключительную операцию термообработки после закалки. Он применяется для снижения внутренних напряжений, уменьшения хрупкости закаленной стали, по-

вышения ее вязкости и пластичности, а также для некоторого снижения твёрдости.

При отпуске закаленные детали нагревают ниже температуры критической точки  $A_{C1}$ , выдерживают и затем охлаждают на воздухе.

Низкому отпуску с нагревом до  $150...250^{\circ}\text{C}$  подвергают инструментальные стали; среднему отпуску ( $350...500^{\circ}\text{C}$ ) – пружины и рессоры; высокому ( $500...650^{\circ}\text{C}$ ) – шатуны в сборе с болтами, крестовины карданных валов и т.д.

**Химико-термическая обработка** основана на высокотемпературной диффузии, т.е. проникновении с поверхности детали внутрь ее атомов различных элементов с целью повышения износо-, жаро- и антикоррозионной стойкости при сохранении достаточно вязкой сердцевины.

Различают следующие основные виды химико-термической обработки деталей: цементация, азотирование, цианирование и диффузионная металлизация.

**Цементация** (газовая и твёрдая) представляет собой процесс поверхностного насыщения стали углеродом на глубину  $0,5...2,5$  мм, благодаря чему материал приобретает высокую поверхностную твёрдость и износостойкость, которые, однако, заметно снижаются при нагреве детали уже до  $200...250^{\circ}\text{C}$ .

Газовая цементация осуществляется в течение  $10...12$  ч при температуре  $930...950^{\circ}\text{C}$  в герметичных нагревательных печах, куда непрерывно подаётся метан или эндогаз.

Твёрдая цементация происходит в нагревательных печах и герметичных стальных ящиках, заполненных смесью древесного активированного угля, ускорителей процесса и деталями, при температуре  $910...930^{\circ}\text{C}$ .

После цементации детали (шестерни коробок передач и ведущих мостов) подвергают закалке и низкому отпуску.

**Азотированием** называется процесс диффузионного насыщения азотом в атмосфере аммиака поверхностного слоя толщиной  $0,2...0,6$  мм среднеуглеродистых сталей, содержащих легирующие элементы, который протекает в герметичной печи при температуре  $500...700^{\circ}\text{C}$ .

В отличие от цементированного слоя твёрдость азотированной поверхности детали не снижается при нагреве до  $600^{\circ}\text{C}$ .

Ввиду недостаточной твёрдости сталей после этого вида химико-термической обработки, они подвергаются азотированию только с целью повышения антикоррозионной стойкости.

*Цианирование* представляет собой процесс одновременного насыщения стали на глубину 0,3...2,0 мм углеродом и азотом, который протекает в жидких расплавленных солях, содержащих цианистый натрий NaCN, при температуре 820...960 °С в течение 0,5...6,0 ч.

После обработки данным методом детали обладают большей твёрдостью, износостойкостью и сопротивлением коррозии чем после цементации. Недостатком метода является повышенная токсичность цианистых солей, что обуславливает выполнение особых требований ТБ.

*Диффузионная металлизация* – это процесс диффузионного насыщения поверхности стали различными металлами при высокой температуре в твёрдой, жидкой или газообразной среде.

*Алитирование* (насыщение алюминием) заключается в образовании на поверхности детали плотной плёнки окиси алюминия  $Al_2O_3$  для сопротивления окислению в обычных условиях и при нагреве до 850...900 °С.

*Хромирование* повышает твёрдость и износостойкость высокоуглеродистых сталей, а также увеличивает их антикоррозионную стойкость при нагреве до 800 °С.

### 7.3. Способы защиты автомобильных деталей от коррозии

*Коррозией* называется процесс разрушения металлов и сплавов вследствие их химического или электрохимического взаимодействия с внешней (коррозионной) средой. При этом участки металла, подвергшиеся коррозии, полностью теряют свои механические свойства [29, с. 38-41].

В масштабах страны из-за коррозии ежегодно теряется 1,0...1,5 % всего используемого металла. Принято считать, что в индустриально развитых странах убытки от коррозии составляют 2...4 % национального дохода.

В 1987 г. прямые потери, связанные с воспроизводством и заменой оборудования вследствие коррозии, составили около 12...14 млрд руб.

С учётом более высоких косвенных убытков от простоев и снижения производительности механизмов, подвергшихся коррозии; от нарушения нормального хода технологических процессов; от аварий, обусловленных снижением прочности металлических конструкций, и т.п. общие потери от коррозии составили свыше 40 млрд руб. в год.

Большой ущерб коррозия наносит автомобильным конструкциям, являясь, например, основной причиной преждевременного выхода из строя элементов шасси и кузовов легковых автомобилей и автобусов. Поэтому проблема сокращения потерь металла имеет общегосударственное значение.

Наличие коррозии объясняется тем, что при её протекании восстанавливаются химические соединения, в которых металл находится в естественных природных условиях, например, в виде  $Fe_2O_3$ ,  $Fe_3O_4$ ,  $Al_2O_3$ ,  $Cu_2S$  и т.д.

Различают два вида коррозии: химическую и электрохимическую.

**Химическая коррозия** возникает в результате воздействия на металл сухих газов при повышенной температуре (газовая коррозия) и агрессивных жидкостей неэлектролитов (ГСМ, расплавы солей). При этом происходит прямое гетерогенное взаимодействие металла с окислителем из окружающей среды, например окисление клапанов, топливных баков, топливопроводов и т.д.

В процессе газовой коррозии на поверхности металла образуется плёнка окисла. У алюминия, хрома, никеля, олова и свинца эта плёнка прочная и предохраняет металл; плёнка окисла железа непрочна и является причиной проникновения коррозии вглубь.

В неэлектролитах разрушение металла происходит вследствие наличия в них агрессивных соединений.

**Электрохимическая коррозия** – это результат воздействия на металлы различных электролитов: водных растворов кислот, щелочей и солей, проводящих электрический ток.

Электролитной является также атмосферная коррозия, при которой влага из воздуха, содержащего  $CO$ ,  $CO_2$  и другие примеси, конденсируется на поверхности металла.

Пыль и другие загрязнения усиливают адсорбцию влаги и газов, и на поверхности металла образуется влажная плёнка, которая является электролитом.

Поскольку металлы и сплавы практически всегда неоднородны по физическому и химическому составу, то при наличии на их поверхности электролита образуется множество микроскопических гальванических пар, которые разрушают эти материалы.

В процессе электрохимической коррозии феррит в стали растворяется, образуя с веществом электролита ржавчину.

Следствием химического взаимодействия среды с металлом является *сплошная и местная* коррозия, а электрохимической реакции – *межкристаллитные* (по границам зёрен) разрушения, которые наиболее опасны, т.к. сопровождаются заметным снижением прочности материалов и не обнаруживаются при внешнем осмотре.

Способы защиты деталей от коррозии могут быть разделены на следующие группы: покрытие неметаллическими веществами, металлом и пленками окислов (химическое покрытие); диффузионное насыщение поверхностного слоя; создание коррозионно-стойких сплавов; применение ингибиторов коррозии; использование органосиликатов.

*Покрытие неметаллическими веществами* заключается в нанесении на поверхность металла красок, лаков, защитных смазок и т.д.

*Металлическое покрытие* – это нанесение металла на поверхность детали горячим или гальваническим способом.

При горячем методе детали погружают в ванну с расплавленным металлом (оцинковка кузовных и крепёжных деталей; лужение оловом трубок радиатора; свинцевание наконечников электропроводов).

Гальванический способ заключается в осаждении на деталь тонкого слоя металла из его соли под действием электрического тока (хромирование бамперов, ободков фар и др.).

*Покрытие плёнками окислов* – оксидирование (воронение) применяется для защиты чёрных металлов путём создания на их поверхности окисной плёнки при погружении деталей в кипящий водный раствор, содержащий едкий натр, селитру и перекись марганца.

Полученная плёнка достаточно стойка на сухом воздухе, менее прочна во влажной атмосфере и особенно в воде.

*Диффузионный способ* состоит в насыщении поверхностей деталей различными элементами, вступающими в химические соединения (например, цементация, цианирование, алитирование).

*Создание коррозионно-стойких сплавов* осуществляется добавлением в сталь легирующих элементов (хром, никель, алюминий, кремний, вольфрам и т.д.) для повышения антикоррозионной стойкости и улучшения других свойств металла (клапаны, шестерни, валы, полуоси, шаровые пальцы и т.п.).

*Ингибиторы коррозии* – это вещества, которые в небольших количествах, например 10...50 г на 1 м<sup>3</sup> бензина, добавляются в любую агрессивную среду (ГСМ, охлаждающие жидкости и др.) для замедления процесса коррозии и защиты практически любых металлов.

*Органосиликаты* в исходном состоянии представляют собой суспензии, которые наносятся на наружные поверхности деталей кистью, валиком или пульверизатором. При нагревании они превращаются в керамику и приобретают повышенные антикоррозионные, термо- и жаростойкие свойства (детали системы выхлопа газов двигателя). Для получения органосиликатов используется кремний, органические полимеры (лаки), пигменты, окислы, слюда, тальк и асбест.

#### **7.4. Основные марки сталей и чугунов, применяемых при производстве и ремонте автомобилей**

В настоящее время в индустриально развитых странах на изготовление автомобилей расходуется около 1/3 всей произведённой стали [29, с. 48-54].

Стали классифицируются по способу производства, степени раскисления, качеству, назначению и химическому составу.

*По способу производства* стали подразделяют на бессемеровскую, кислородно-конверторную, мартеновскую и электросталь; *по способу раскисления* – на кипящую (КП), полуспокойную (ПС) и спокойную (не обозначается).

*По признаку качества* они могут быть обыкновенного качества, качественными и высококачественными, что определяется предельным содержанием в них вредных примесей (сера, фосфор и неметаллические включения).

В зависимости от *химического состава* стали бывают углеродистыми и легированными.

К *углеродистым* относят те стали, в которых основным элементом, влияющим на их свойства, является углерод. В легированных – содержатся добавки цветных металлов и неметаллических

веществ (бор, кремний), которые изменяют свойства сталей в нужном направлении.

По назначению они подразделяются на конструкционные, инструментальные и специальные.

При производстве и ремонте автомобилей применяют стали всех трёх групп, причём их сортамент включает более 250 марок.

Углеродистые конструкционные стали обыкновенного качества применяются для деталей, изготовленных с помощью сварки и работающих при небольших нагрузках.

По гарантированным характеристикам качества они подразделяются на группы и поставляются: А – по механическим свойствам; Б – химическому составу; В – по механическим свойствам и химическому составу.

Стали всех трёх групп маркируют буквами и цифрами (номер стали). Имеется семь номеров сталей групп А и Б (от 0 до 6) и пять (от 1 до 5) – группы В. Чем выше номер, тем больше в стали углерода.

Например, маркировка ВСт3Гпс3 означает: это сталь группы В (А – не обозначается); условный номер стали – 3; повышенное содержание марганца – Г; полуспокойная – пс; по нормируемым показателям – третья категория.

Стали обыкновенного качества СТ0...СТ4 применяются для изготовления малонагруженных деталей кузова автомобиля и крепежа; СТ5, СТ6 – средненагруженных осей, клиньев, планок и крепежа.

Углеродистые конструкционные качественные стали подразделяются на малоуглеродистые марок 05, 08, 10, 15, 20, 25; среднеуглеродистые – 30, 35, 40, 45, 50, 55 и высокоуглеродистые – 60, 60Г, 70, 70Г, 75, 80, 85. Цифры в обозначении указывают среднее содержание углерода в сотых долях процента.

Из сталей марок 08, 10 штампуют кузовные детали, 15...25 – поперечины, распорки, усилители, рычаги, кронштейны, вал рулевого механизма, тяги, шкивы, крепёж; 30...55 – валы, зубчатые колёса, полуоси; 60...85 – крестовины карданов, диски сцепления; 60Г и 70Г – пружины, рессорные листы и торсионы.

Из литейных углеродистых сталей 15Л, 20Л, 25Л получают отливки корпусных деталей, ступиц колёс, дисков, зубчатых колёс, маховиков и т.д.

Положительные свойства *легированным сталям* придают добавки элементов: хрома – X; марганца – Г; никеля – Н; кремния – С; молибдена – М; вольфрама – В и др. Легированные стали дороже углеродистых, но значительно превосходят их по своим свойствам.

Маркировка этих сталей состоит из цифр и последующих букв с цифрами: первые две цифры обозначают наличие углерода в сотых долях процента; цифры после буквы – процентное содержание и условное обозначение легирующего элемента. Отсутствие цифры после буквы свидетельствует, что этого элемента в стали менее 1 %.

Например, маркировка 18ХН2М означает, что в стали содержится 0,18 % углерода, менее 1 % хрома (Х), 2 % никеля (Н2) и до 1 % молибдена (М). В конце обозначения качественных сталей ставится буква А, а особо высококачественных – Ш.

Легированные стали применяют в основном для изготовления наиболее ответственных деталей: поршневых пальцев, толкателей, клапанов, шатунов, полуосей и др. Низколегированные стали используют для производства грузовых платформ, рам, балок мостов и т.д.

Для выпуска крепёжных изделий (болты, гайки, шпильки) на автоматных станках применяются стали А20, А40, в которых буква А обозначает, что сталь автоматная, а цифры – процентное содержание углерода в сотых долях процента.

К специальным относятся: высоколегированные антикоррозионно-стойкие стали I подгруппы – 20Х13, 17Х18Н9 и т.д.; жаростойкие до 500 °С II подгруппы – 40Х9С2 и т.п.; жаропрочные до 1000 °С III подгруппы – 36Х18Н25С2 и др.

Из сталей этих подгрупп изготавливают детали системы питания двигателей, запорную иглу карбюратора, элементы форсунок, пружины.

Стали для выпуска инструмента и технологической оснастки отличаются повышенной твёрдостью и теплостойкостью. Они содержат углерод в десятых долях процента и легирующие добавки. Например, 4ХС обозначает 0,4 % углерода и по 1 % хрома и кремния.

В углеродистых инструментальных качественных сталях У8А, У10, У12А для изготовления режущего инструмента имеется соответственно 0,8; 1,0 и 1,2 % углерода.

Для производства режущего инструмента быстроходных станков используется особая группа инструментальных сталей, в обо-



значении которых имеется буква Р (режущая) и число – процент содержания вольфрама. Например, в быстрорежущей стали Р18 содержится 18 % вольфрама, 4,2 % хрома, 1,2 % ванадия и 0,75 % углерода.

По состоянию углерода в сплаве чугуны классифицируются на следующие виды: серый СЧ; белый (не обозначается) и ковкий КЧ.

В сером чугуне весь несвязанный углерод находится в свободном состоянии в виде пластинчатого или шаровидного графита, в ковком – в виде хлопьев. Белый чугун вследствие того, что в нем весь углерод связан в химическое соединение – цементит, обладает повышенной твёрдостью.

В маркировке СЧ25 буквы СЧ обозначают, что это серый чугун с пределом прочности на растяжение 2,5 МПа (цифра 25).

Ковкий чугун обозначают так же, как и серый, но вторая группа цифр здесь показывает относительное удлинение в процентах. Например, КЧ35-10 расшифровывается как ковкий чугун с пределом прочности на растяжение 3,5 МПа и относительным удлинением 10 %.

Из серого чугуна изготавливают блоки цилиндров двигателей ГАЗ, ЗИЛ, ЯМЗ, головки цилиндров, гильзы блоков цилиндров, картеры сцеплений и коробок передач, маховики и т.д.

Ковкий чугун идёт на производство картеров редукторов и коробок передач, кронштейнов рессор и т.п.

Белый чугун применяется для выпуска деталей повышенной усталостной прочности: коленчатых и распределительных валов, сёдел клапанов, шестерён масляного насоса и других изделий.

## **7.5. Общие сведения о цветных металлах и сплавах, используемых в конструкции автомобилей**

В автомобилестроении наиболее часто применяются сплавы, основными компонентами которых являются следующие цветные металлы: алюминий, медь, цинк, олово и свинец [29, с. 54-56].

Алюминий используется для защиты сплавов от коррозии путём нанесения на их поверхность тонкой плёнки (плакирование). Из меди делают электрические провода. Около половины добываемых цинка и олова расходуется соответственно на покрытие чёрных металлов (цинкование) и поверхности консервной жести (лужение). Из свинца изготавливают пластины, перемычки и клеммы аккумуляторных батарей.

Концентрация цветных металлов в рудах не превышает 1...4 %, алюминия в бокситах – 40...60 %. После переработки чистота цветных металлов достигает свыше 99 %. Поэтому процесс их получения более трудоёмкий, энергоёмкий и дорогой, чем производство чёрных металлов.

*Алюминиевые сплавы* обладают высокой прочностью, антикоррозионной стойкостью и хорошей технологичностью при малой плотности. В их состав входят медь, магний, кремний, цинк, марганец и другие элементы.

Алюминиевые литейные сплавы на основе Al-Si (силумины) маркируются буквами АЛ и стоящими за ними цифрами, которые указывают условный номер сплава.

Из них изготавливают поршни двигателей, головки и блоки цилиндров, картеры коробок передач, тормозные барабаны, крышки распределительных шестерён и другие детали.

Деформируемые алюминиевые сплавы (дюралюмин) используют для изготовления методом давления, прокатки, прессования и сварки силовых деталей кузова (стойки, поперечины), тормозных цилиндров, дверных порогов, обшивки, решёток и т.д.

Дюралюмин Д16 содержит 4,4 % меди, 1,5 % магния, 0,6 % марганца и менее 0,5 % кремния и железа. Этот сплав можно упрочнять термообработкой – закалкой и старением (получение равновесной структуры).

*Медные сплавы* получили наибольшее распространение в виде латуни и бронзы.

*Латунями* называют сплавы меди с цинком. Для повышения механических свойств в их состав могут также входить олово, свинец, кремний, марганец, никель, алюминий и железо.

Маркировка латуни содержит буквы и цифры. Например, в ЛС60-3 буква Л означает латунь, в которой имеется 3 % свинца (С3), 60 % меди, а остальное – цинк.

Латуни обладают высокой прочностью и пластичностью. Их можно обрабатывать давлением (прокатка, штамповка, волочение и горячее прессование). Из Л63 изготавливают бачки и трубки радиаторов, из Л72 – детали электрооборудования, из других латуней – различные втулки, пробки, штекеры, наконечники и т.п.

*Бронзы* – это сплавы меди с оловом, алюминием, кремнием, свинцом, бериллием и другими элементами. Они обладают высо-

кой прочностью, износостойкостью, антикоррозионными свойствами и хорошей упругостью.

Бронзы могут быть оловянными и безоловянными. Сплавы на основе олова обладают антифрикционными свойствами, хорошо свариваются и паяются.

Безоловянные бронзы содержат в качестве присадок алюминий, бериллий, никель, кремний и марганец. Они отличаются высокой прочностью и упругостью и хорошей антикоррозионной устойчивостью.

Маркируют бронзу по аналогии с латунью. Например, оловянная бронза Бр0ЦС5-5-5 содержит по 5 % олова, цинка и свинца и 85 % меди.

Бронза применяется для изготовления деталей топливopодающей аппаратуры, втулок шатунов двигателей, упорных шайб, шестерён полуосей и т.д.

Сплавы на основе олова, свинца, меди и алюминия, с низким коэффициентом трения, называются антифрикционными и используются для производства вкладышей подшипников скольжения методом штамповки из предварительно прокатанной ленты или полосы.

Более подробно сведения о химическом составе и свойствах автомобильных материалов приведены в справочниках [30, 31] и других источниках.

## **8. АВТОМАТИЗАЦИЯ РАСЧЁТА ЭЛЕМЕНТОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ С ПОМОЩЬЮ ЭВМ**

### **8.1. Предпосылки для автоматизированного проектирования технологического оборудования**

Инженерные методы проектирования гаражного оборудования базируются, главным образом, на графических приёмах, которые получили достаточно широкое распространение вследствие их доступности и наглядности [25, с. 4-19].

В настоящее время возможности современных ЭВМ позволяют значительно повысить темпы и качество конструирования.

Используя новые численные методы расчёта и компьютерную технику, можно осуществить автоматизацию и оптимизацию проектирования с любой необходимой точностью.

Оптимизация – это поиск, нахождение и реализация наиболее целесообразных (оптимальных) решений.

Ранее, при ручном счёте, оптимизация осуществлялась поочерёдным варьированием одного из параметров при сохранении других величин постоянными. Такая методика давала лишь частичные результаты.

Благодаря высокому быстродействию ЭВМ и большой ёмкости памяти число возможных вариантов неизмеримо возросло, и оптимизация проводится сразу по нескольким параметрам и критериям.

Автоматизированное проектирование включает поиск оптимальных решений при помощи ЭВМ с выдачей результатов на дисплее или с распечаткой на бумаге. Оно ведётся в диалоговом режиме «человек – ЭВМ».

Одна из задач разработки системы автоматизации проектирования технологического оборудования состоит в том, чтобы свести к минимуму ручные расчёты.

Доля формальных видов конструкторской деятельности, сравнительно легко поддающихся автоматизации, составляет 40 % от общих трудозатрат на проектирование.

Автоматизация подобных работ даёт более рациональные решения.

## **8.2. Состав системы автоматизированного проектирования**

В 1978 г. в СССР был введён ГОСТ 22487-77 «Проектирование автоматизированное. Термины и определения» [26, с. 40-44; 27, с. 17-19].

Согласно этому стандарту проектирование, осуществляемое человеком, считается неавтоматизированным.

В процессе автоматизированного проектирования отдельные этапы или задачи должны выполняться при взаимодействии человека с ЭВМ.

ГОСТ 23501.0-79 устанавливает состав и основные принципы создания системы автоматизированного проектирования (САПР). Компонентами системы являются следующие виды её обеспечения:

техническое, математическое, программное, лингвистическое, информационное и организационное.

*Техническое обеспечение* представляет собой совокупность технических (аппаратных) средств, используемых в САПР для переработки, хранения и передачи информации; организации общения человека с ЭВМ и изготовления проектной документации.

Основу технического обеспечения составляют ЭВМ и разного вида периферийное оборудование: внешние запоминающие устройства; средства ввода-вывода информации; технические средства машинной графики; аппаратура для связи технических устройств между собой и с пользователями.

*Математическое обеспечение* включает математические модели, методы и алгоритмы для решения задач автоматизированного проектирования. Оно реализуется в программном обеспечении САПР.

*Программное обеспечение* – это совокупность программ, представленных в разной форме, вместе с необходимой программной документацией.

*Лингвистическое обеспечение* – совокупность языков, используемых в САПР для предоставления информации о проектируемых объектах, процессе и средствах проектирования, которой обмениваются люди с ЭВМ и между собой в процессе работы.

*Информационное обеспечение* содержит документы с описанием стандартных проектных процедур и типовых решений, комплектующих изделий, материалов и других сведений, а также файлы и блоки данных с записью этих документов.

*Методическое обеспечение* включает документы, в которых отражены состав, правила отбора и эксплуатации средств автоматизированного проектирования.

*Организационное обеспечение* – это положения, инструкции, приказы, штатные расписания, квалификационные требования и другая документация.

### **8.3. Задачи системы автоматизированного проектирования**

Задание на проектирование технологического оборудования включает сведения, которые задаются в виде графической части и текстового описания технических требований к изделию [26, с. 38-44].

При автоматизированном проектировании всю информацию необходимо ввести в ЭВМ. Для этого следует организовать банк данных, который сможет обеспечить процесс конструирования необходимой справочной информацией. После формализованного описания и ввода этих сведений в ЭВМ требуется разработать методы поиска необходимой информации в памяти машины и её вывода в удобном для пользователя виде.

Процесс автоматизированного проектирования базируется на множестве типовых решений и алгоритмах их выбора, которые также нужно описать формальным образом, организовать их ввод, размещение в памяти ЭВМ и предусмотреть возможность оперативной работы с ними.

Таким образом, для организации автоматизированного проектирования гаражного оборудования с помощью ЭВМ необходимо:

- 1) рассмотреть совокупность типовых решений и алгоритмов их выбора применительно к условиям АТП, на котором будут эксплуатироваться эти механизмы;
- 2) разработать метод формального описания исходной технической информации;
- 3) организовать информационно-поисковую службу в ЭВМ;
- 4) разработать формы и правила печати результатов проектирования.

Далее перейдём к рассмотрению состава технического и программного обеспечения САПР.

#### **8.4. Общие сведения об ЭВМ и программировании**

Электронно-вычислительная машина состоит из микропроцессора, основной и внешней памяти, устройства ввода-вывода информации [25, с. 7-19; 28, с. 129-173, 298-325].

В состав *микропроцессора* входят:

- 1) устройство управления (УУ), которое координирует работу всех блоков и узлов машины, т.е. обеспечивает её запуск, формирует адрес команд, вызывает из оперативной памяти очередную команду и т.д.;
- 2) арифметико-логическое устройство (АЛУ), предназначенное для выполнения всех арифметических и логических операций над числовой и символьной информацией; в некоторых моделях ЭВМ для ускорения выполнения операций к АЛУ подключается дополнительный математический сопроцессор.

*Основная память* (ОП) служит для хранения и оперативного обмена информацией с прочими блоками машины. ОП содержит два вида запоминающих устройств: постоянное (ПЗУ) и оперативное (ОЗУ).

Постоянное запоминающее устройство предназначено для хранения постоянной программной и справочной информации и позволяет оперативно считывать её; при этом изменить или записать новую информацию в ПЗУ нельзя.

Оперативное запоминающее устройство служит для оперативной записи, хранения и считывания данных, непосредственно участвующих в вычислительном процессе, выполняемом ЭВМ в текущий период времени.

Главным достоинством ОЗУ является его высокое быстродействие и возможность обращения к каждой ячейке памяти отдельно. После выключения ЭВМ эта информация не сохраняется.

*К устройствам ввода информации относятся:*

1) клавиатура – устройство для ручного ввода числовой, текстовой и управляющей информации в ЭВМ;

2) сканеры, служащие для автоматического считывания с бумажных носителей и ввода в ЭВМ машинописных текстов, графиков, рисунков и чертежей;

3) манипуляторы (устройства указания), включающие джойстик – рычаг; мышь и трекбол – шар в оправе; световое перо и т.д. для ввода графической информации на экран дисплея путём управления движением курсора по экрану с последующим запоминанием координат курсора и вводом их в ЭВМ.

*Устройствами вывода информации являются:*

1) принтеры – для регистрации информации на бумаге;

2) графопостроители (плоттеры) – для вывода графической информации из ЭВМ на бумажный носитель.

*Внешняя память* используется для долговременного хранения любой информации. К внешней памяти относятся накопители на жёстких (НЖМД) и гибких (ИГМД) магнитных дисках, которые предназначены для хранения больших объемов информации, записи и выдачи данных по запросу в ОЗУ.

Различаются НЖМД и ИГМД лишь конструктивно по объёму хранимой информации, времени её поиска, записи и считывания.

Условно можно выделить следующие этапы подготовки к решению задачи на ЭВМ: математическая формулировка задачи; вы-

бор метода решения; разработка схемы алгоритма; составление программы на алгоритмическом языке.

*Алгоритмом* называется точно определённая последовательность действий, которые необходимо выполнить над исходной информацией, чтобы получить решение задачи.

Алгоритм может быть представлен в виде последовательности формул, схемы алгоритма или в виде программы на алгоритмическом языке.

Наиболее наглядным способом описания алгоритма является его схема, представляющая собой последовательность графических символов, которые соединены линиями со стрелками, указывающими направление вычислительного процесса.

Внутри символов словами или с помощью формул показывают выполняемую функцию: ввод исходных данных; вычисление расчётных параметров; условие, изменяющее направление исполнения алгоритма.

Графические символы применяются в соответствии с ГОСТ 19.002-80 и ГОСТ 19.003-80.

Алгоритм решения задачи и его программная реализация тесно взаимосвязаны. Специфика применяемых методов проектирования и используемых при этом инструментальных средств разработки программ может повлиять на форму представления и содержания алгоритма.

Язык программирования – это формализованный язык для описания алгоритма решения задачи на компьютере.

Алгоритмические языки не зависят от архитектуры ЭВМ и полностью отражают структуру алгоритма. К ним относятся Паскаль, Фортран, Бейсик и др.

Программа, написанная на таких языках, состоит из последовательности операторов. Оператор – это конкретное указание ЭВМ, оформленное в виде либо математической формулы, представленной в соответствии с правилами данного языка, либо обозначения какого-то действия (ввод-вывод данных, обращение к подпрограмме и т.д.).

Далее перейдём к примеру расчёта одного из элементов технологического оборудования.



## 8.5. Пример расчёта и выбора размеров сечения двутавровой балки монорельса на ЭВМ

Программа расчёта (автор Л.А. Парфенова) написана на алгоритмическом языке Бейсик, который позволяет производить расчёт в режиме диалога «человек – ЭВМ». Транслятор с данного языка входит в состав программного обеспечения любой модели персонального компьютера.

Математическая формулировка задачи дана в п. 5.17.

Имена исходных и выходных переменных приведены соответственно в табл. 8.1 и 8.2.

Схема алгоритма решения примера показана на рис. 8.1.

При расчёте монорельса на прочность необходимо вычислить действующее на него усилие  $P$ . Для этого вводятся значения переменных  $Q_G$ ,  $Q_T$ ,  $K_P$ ,  $K_D$ .

Для определения максимального изгибающего момента  $M_{II}$  в монорельсе следует ввести значение длины пролёта монорельса  $l$ .

Затем производится вывод на печать вычисленных значений  $P$  и  $M_{II}$ .

Величина требуемого момента сопротивления  $W_{TP}$  поперечного сечения монорельса определяется и выводится на печать после ввода параметров  $m$  и  $R$ .

Таблица 8.1

Исходные переменные

Переменные в формулах	$Q_G$	$Q_T$	$K_P$	$K_D$	$L$	$m$	$R$	$E$	$J_X^D$	$[f]$	$W_X^D$
Имена переменных в программе	QG	QT	KP	KD	L	m	R	E	J	F1	WX
Значения переменных	50000	8150	1.1	1.1	5	0.85	210E05	1.98E11	77.80E-04	0.0125	5.18E-03

Таблица 8.2

## Выходные переменные

Переменные в формулах	$M_{II}$	$P$	$W_{TP}$	$f$
Имена переменных в программе	MI	P	WT	F

По вычисленному значению  $W_{TP}$  из [23, с. 211] подбираем двутавровую балку для монорельса и вводим в ЭВМ номер балки, её размеры и значение момента сопротивления сечения  $W_X^D$ .

Производится сравнение значения  $W_X^D$  выбранной балки с величиной  $W_{TP}$ . Если  $W_X^D > W_{TP}$ , то балка выбрана правильно; в противном случае следует продолжать подбор балки.

Для расчёта монорельса на прогиб  $f$  необходимо ввести переменные  $E$  и  $J_X^D$ . Полученное значение  $f$  выводится на печать.

Из литературы [23, с. 234] подбираем величину наибольшего допускаемого прогиба монорельса  $[f]$  и вводим в ЭВМ.

Прогиб монорельса считается в норме, если  $f \leq [f]$ ; иначе следует продолжить выбор балки.

Текст программы расчёта и выбора размеров сечения двутавровой балки монорельса на ЭВМ приведён на рис. 8.2.

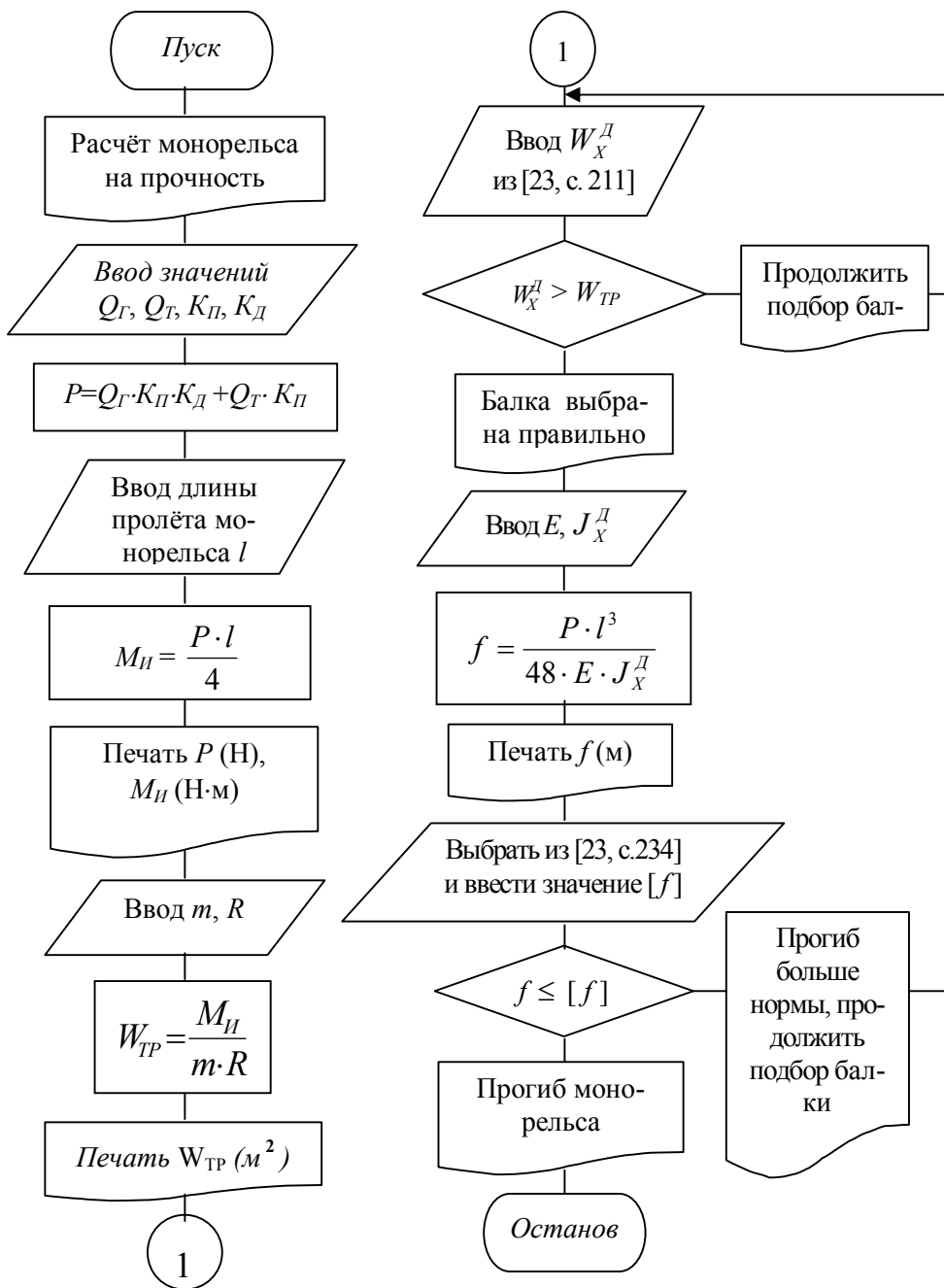


Рис. 8.1. Схема алгоритма

---

```

5 PRINT "РАСЧЁТ И ВЫБОР РАЗМЕРОВ СЕЧЕНИЯ ДВУТАВРОВОЙ"
6 PRINT " БАЛКИ МОНОРЕЛЬСА"
7 PRINT
10 PRINT "Расчет монорейса на прочность"
20 PRINT "Расчет усилия  $P$  на монорейс"
30 INPUT "Ввести  $QГ$ ,  $QТ$ , (Н)"; QG, QT
40 INPUT "Ввести  $KП$ ,  $KД$ "; KP, KD
50  $P = QG * KP * KD + QT * KP$ 
60 PRINT "Усилие на монорейс  $P =$ "; P; "Н"
65 PRINT
70 PRINT "Расчет максимального изгибающего момента  $M_{II}$  в монорейсе"
80 INPUT "Ввести длину пролета монорейса  $l$ , (м)"; L
90  $M_I = (P * L) / 4$ 
100 PRINT "Максимальный изгибающий момент  $M_{II} =$ ";  $M_I$ ; "Н·м"
105 PRINT
110 PRINT "Расчет момента сопротивления поперечного сечения монорейса"
120 INPUT "Ввести  $m$ ,  $R$  (Па)"; M, R
130  $W_T = M_I / (M * R)$ 
140 PRINT "Требуемый момент сопротивления  $W_{TP} =$ ";  $W_T$ ; "м3"
145 PRINT
150 PRINT "Выбор номера и размеров балки для монорейса из [23, с. 211]"
160 INPUT "Ввести  $NБ$ ,  $h$ ,  $b$ ,  $S$ ,  $M$ ,  $W_X^D$ "; N, H, B, S, M1,  $W_X^D$ 
170 IF  $W_X > W_T$  THEN PRINT "Балка выбрана верно, т.к.  $W_X^D > W_{TP}$ ": GOTO 190
180 PRINT "Продолжить подбор балки": GOTO 160
185 PRINT
190 PRINT "Расчет прогиба монорейса"
200 INPUT "Ввести  $E$  (Н/м2),  $J_X^D$  (м4)"; E, J
210  $F = (P * L ^ 3) / (48 * E * J)$ 
220 PRINT "Прогиб монорейса  $f =$ ";  $F$ ; "м"
230 INPUT "Ввести  $[f]$  (м) из [23, с. 234]"; F1
240 IF  $F <= F1$  THEN GOTO 255
250 PRINT "Прогиб больше нормы, продолжить подбор балки": GOTO 160
255 PRINT "Прогиб монорейса в норме, т.к.  $f <= [f]$ "
256 PRINT
260 PRINT "По результатам расчета размеры выбранной балки:"
270 PRINT " $NБ =$ "N; " $h =$ "H; " $b =$ "B; " $S =$ "S; " $M =$ "M
280 END

```

---

### Рис. 8.2. Текст программы

Текст диалога пользователя с ЭВМ при выполнении данной программы показан на рис. 8.3.

---

#### РАСЧЕТ И ВЫБОР РАЗМЕРОВ СЕЧЕНИЯ ДВУТАВРОВОЙ БАЛКИ МОНОРЕЛЬСА

Расчет монорельса на прочность

Расчет усилия  $P$ , действующего на монорельс

Ввести  $QГ$ ,  $QТ$ , (Н)? 5000, 8150

Ввести  $K_{II}$ ,  $K_{II}'$ ? 1.1, 1.1

Усилие на монорельс  $P = 69465$  Н

Расчет максимального изгибающего момента  $M_{II}$  в монорельсе

Ввести длину пролета монорельса  $l$ , (м)? 5

Максимальный изгибающий момент  $M_{II} = 86831$  Н·м

Расчет требуемого момента  $W_{TP}$  сопротивления поперечного сечения монорельса

Ввести  $m$ ,  $R$ , (Па)? 0.85, 210E + 05

Требуемый момент сопротивления  $W_{TP} = 4.86E - 03$  м<sup>3</sup>

Выбор номера и размеров балки для монорельса из [23, с. 211]

Ввести  $NБ$ ,  $h$ ,  $b$ ,  $S$ ,  $M$ ,  $W_X^D$ ? 30a, 300E - 03, 145E - 03, 6.5E - 03, 392, 5.18E - 03

Балка выбрана верно, т.к.  $W_X^D > W_{TP}$

Расчет прогиба монорельса

Ввести  $E$  (Н/м<sup>2</sup>),  $JX$  (м<sup>4</sup>)? 1.98E + 11, 77.8E - 04

Прогиб монорельса  $f = 1.938E - 05$  м

Ввести  $[f]$  (м) из [23, с. 234]? 0.0125

Прогиб монорельса в норме, т.к.  $f \leq [f]$

По результатам расчета размеры выбранной балки:

$NБ = 30a$ ,  $h = 300E - 03$  м,  $b = 145E - 03$  м,  $S = 6.5E - 03$ м,  $M = 392$  Н/м

---

### Рис. 8.3. Диалог пользователя с ЭВМ

Аналогичный расчет можно провести для каждого элемента технологического оборудования, т.к. математическая постановка основных задач сформулирована в данном пособии.

Студенты пятого курса обладают достаточными знаниями в области информатики для написания подобных программ и их реализации на ЭВМ.

## СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кузнецов Е.С. Управление технической эксплуатацией автомобилей.– 2-е изд., перераб. и доп.– М.: Транспорт, 1990.– 272 с.
2. Клейнер Б.С., Тарасов В.В. Техническое обслуживание и ремонт автомобилей. Организация и управление.– М.: Транспорт, 1986.– 237 с.
3. Бухарин Н.А., Прозоров В.С., Щукин М.М. Автомобили: Конструкция, нагрузочные режимы, рабочие процессы, прочность агрегатов автомобиля.– Л.: Машиностроение, 1973.– 504 с.
4. Селиванов С.С., Иванов В.В. Механизация процессов ТО и Р автомобилей.– М.: Транспорт, 1984.– 198 с.
5. Техническая эксплуатация автомобилей: Учебник для вузов / Е.С. Кузнецов, В.П. Воронов, А.П. Болдин и др.; Под ред. Е.С. Кузнецова.– 3-е изд., перераб. и доп.– М.: Транспорт, 1991.– 413 с.
6. Орлов П.И. Основы конструирования: Справочно-методическое пособие. В 2 кн. Кн.1 / Под ред. П.Н. Учаева.– 3-е изд., испр.– М.: Машиностроение, 1988.– 560 с.
7. Тарабасов Н.Д., Учаев П.Н. Проектирование деталей и узлов машиностроительных конструкций: Справочник.– М.: Машиностроение, 1983.– 239 с.
8. Афанасиков Ю.И. Проектирование моечно-очистного оборудования авторемонтных предприятий.– М.: Транспорт, 1987.– 174 с.
9. Суриков А.Я., Гусев Д.А., Баженов В.Г. Основы расчёта нестандартного оборудования для ремонта дорожных машин / Под ред. Г.И. Зеленкова.– М.: Высш. шк., 1967.– 112 с.
10. Колясинский З.С., Сархошьян Г.Н., Лисковец А.М. Механизация и автоматизация авторемонтного производства.– М.: Транспорт, 1982.– 160 с.
11. Техническая эксплуатация автомобилей: Учебник для вузов / Под ред. Г.В. Крамаренко.– 2-е изд., перераб. и доп.– М.: Транспорт, 1983.– 488 с.
12. Допуски и посадки: Справочник. В 2 ч. / В.Д. Мягков, М.А. Палей, А.Б. Романов и др.– 6-е изд., перераб. и доп.– Л.: Машиностроение, 1982.– Ч.1.– 543 с.
13. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя: В 3 т. Т.1.– 5-е изд., перераб. и доп.– М.: Машиностроение, 1980.– 728 с.
14. Заленский В.С. Строительные машины: Примеры расчётов. Учеб. пособие для техникумов.– 3-е изд., перераб. и доп.– М.: Стройиздат, 1983.– 271 с.
15. Допуски и посадки: Справочник. В 2 ч. / В.Д. Мягков, М.А. Палей, А.Б. Романов и др.– 6-е изд., перераб. и доп.– Л.: Машиностроение, 1983.– Ч.2.– 448 с.

16. Малкин В.П., Калашников Л.А., Сеницин Б.М. Гидравлика. Гидромашины и гидроприводы: Метод. указания к выполнению курсовой работы.– Братск: БрИИ, 1988.– 51 с.
17. Свешников В.К., Усов А.А. Станочные гидроприводы: Справочник.– 2-е изд., перераб. и доп.– М.: Машиностроение, 1988.– 572 с.
18. Васильченко В.А. Гидравлическое оборудование мобильных машин: Справочник.– М.: Машиностроение, 1983.– 301 с.
19. Корсаков В.С. Основы конструирования приспособлений: Учебник для вузов.– 2-е изд., перераб. и доп.– М.: Машиностроение, 1983.– 277 с.
20. Станочные приспособления: Справочник. В 2 т. Т.1. / Под ред. Б.Н. Вардашкина, А.А. Шатилова.– М.: Машиностроение, 1984.– 592 с.
21. Ануриев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя. В 3 т. Т.2.– 6-е изд., перераб. и доп.– М.: Машиностроение, 1982.– 584 с.
22. Чернега В.И., Мазуренко И.Я. Краткий справочник по грузоподъемным машинам.– 2-е изд., перераб. и доп.– Киев: Техника, 1988.– 303 с.
23. Матвеев В.В. Примеры расчёта такелажной оснастки: Учеб. пособие для техникумов.– 3-е изд., перераб. и доп.– Л.: Стройиздат, 1979.– 240 с.
24. Ануриев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя. В 3 т. Т.3.– 6-е изд., перераб. и доп.– М.: Машиностроение, 1982.– 576 с.
25. Расчет деталей машин на ЭВМ: Учеб. пособие для машиностр. вузов / Д.Н. Решетов, С.А. Шувалов, В.Д. Дудко и др.; Под ред. Д.Н. Решетова, С.А. Шувалова.– М.: Высш. шк., 1985.– 368 с.
26. Системы автоматизированного проектирования технологических процессов, приспособлений и режущих инструментов: Учебник для вузов / С.Н. Корчак, А.А. Кошин, А.Г. Ракович и др.; Под общ. ред. С.Н. Корчака.– М.: Машиностроение, 1988.– 352с.
27. Норенков И.П., Маничев В.Б. Основы теории и проектирования САПР: Учебник для вузов.– М.: Высш. шк., 1990.– 335 с.
28. Информатика: Учебник / Под ред. Н.В. Макаровой.– М.: Финансы и статистика, 1997.– 768 с.
29. Колесник П.А. Материаловедение на автомобильном транспорте: Учебник для вузов.– 4-е изд., перераб. и доп.– М.: Транспорт, 1987.– 271 с.
30. Мотовилин Г.В., Масино М.А., Суворов О.М. Автомобильные материалы: Справочник.– 3-е изд., перераб. и доп.– М.: Транспорт, 1989.– 464 с.
31. Марочник сталей и сплавов / В.Г. Сорокин, А.В. Волосникова, С.А. Вяткин и др.; Под общ. ред. В.Г. Сорокина.– М.: Машиностроение, 1989.– 640 с.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение .....	3
1. Предмет и содержание курса .....	5
2. Основы проектирования технологического оборудо- вания .....	14
3. Проектирование моечно-очистного оборудования для АТП.....	22
4. Проектирование оборудования для разборочно- сборочных и ремонтных работ .....	30
5. Проектирование оборудования для механизации подъёмно-транспортных работ .....	65
6. Система и организация технического обслуживания и ремонта технологического оборудования .....	107
7. Основы материаловедения на автомобильном транс- порте .....	109
8. Автоматизация расчёта элементов технологического оборудования с помощью ЭВМ.....	123
Список рекомендуемой литературы.....	134