

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА  
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Учреждение образования  
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
АГРАРНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**В. Н. Основин, Л. Г. Основина, О. В. Сокол**

## **БЕЗОПАСНОСТЬ РАБОТЫ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

*Допущено Министерством образования Республики Беларусь  
в качестве учебного пособия для студентов учреждений  
высшего образования по специальности  
«Управление охраной труда в сельском хозяйстве»*

Минск  
БГАТУ  
2016

УДК 658.34 (075.8)  
ББК 65.246я7  
О-75

Рецензенты:  
кафедра «Безопасность жизнедеятельности»  
УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»  
(заведующий кафедрой кандидат технических наук, доцент *В. Е. Кругленья*);  
заведующий кафедрой безопасности жизнедеятельности  
УО «Белорусский государственный технологический университет»  
доктор сельскохозяйственных наук, профессор *В. Н. Босак*

**Основин, В. Н.**  
О-75 Безопасность работы технических систем : учебное пособие /  
В. Н. Основин, Л. Г. Основина, О. В. Сокол. – Минск : БГАТУ,  
2016. – 256 с.  
ISBN 978-985-519-782-0.

Изложены основные положения безопасности технических систем, источники механического травмирования и его воздействие на человека при работе на машинах, механизмах и машинно-тракторных агрегатах.

Особое внимание уделено методам и средствам защиты от опасных и вредных производственных факторов при механическом воздействии; методике расчетов защитных устройств (ограждений) опасных зон технических систем; требованиям безопасности к технологическим процессам, производственному оборудованию и к рабочим местам при эксплуатации технических систем.

Для студентов учреждений высшего образования, учащихся средних специальных учебных заведений, инженеров по охране труда.

УДК 658.34 (075.8)  
ББК 65.246я7

ISBN 978-985-519-782-0

© БГАТУ, 2016

## ВВЕДЕНИЕ

Роль масштабов механизации сельского хозяйства, широкое использование современных сельскохозяйственных машин и металлообрабатывающего оборудования различного функционального назначения, характеризующихся высоким уровнем конструктивной сложности, обуславливает особую важность решения задач по обеспечению выполнения требований безопасности производственных процессов при их эксплуатации, ремонте и техническом обслуживании. Это, в свою очередь, требует от инженера по охране труда наряду со знаниями основ технологии сельскохозяйственного машиностроения знать конструкции средств защиты производственного оборудования и специальных защитных устройств при работе на машинах и механизмах сельскохозяйственного назначения.

Несмотря на большое разнообразие производственного оборудования по назначению, устройству и особенностям эксплуатации, к ним предъявляются общие требования безопасности, соблюдение которых при конструировании обеспечивает безопасность их эксплуатации. Безопасность производственного оборудования (технических систем) обеспечивается правильным выбором принципов их действия, кинематических схем, конструктивных решений, параметров рабочих процессов, использованием различных средств защиты.

Средства защиты должны быть, как правило, многофункционального назначения, то есть решать несколько задач одновременно. Так, конструкции машин и механизмов, станин станков должны обеспечивать не только ограждение опасных элементов, но и снижение уровня их шума и вибрации; ограждения режущего инструмента должны совмещаться с системой вытяжной вентиляции и т. п.

В комплексной системе мер по созданию благоприятных условий труда и повышению его безопасности важная роль принадлежит научно-обоснованным методам оценки опасных и вредных производственных факторов, выбора системы защиты человека

от источников механического травмирования технических систем, характерных для сельскохозяйственного машиностроения и ремонтно-обслуживающего производства АПК. Данные вопросы решаются посредством освоения основных защитных устройств производственной безопасности от воздействия механических факторов при ремонте и эксплуатации сельскохозяйственной техники, изготовлении отдельных деталей и конструктивных элементов машин и механизмов. Для чего необходимо владение навыками инженерных расчетов по защите человека от источников механического травмирования технических систем.

В настоящем учебном пособии приведены источники механического травмирования и его воздействие на человека, методы и средства защиты от опасных и вредных производственных факторов при механическом воздействии; методики расчетов защитных устройств (ограждений) опасных зон технических систем; требования безопасности к технологическим процессам, производственному оборудованию и к рабочим местам при эксплуатации технических систем.

Учебное пособие подготовлено коллективом авторов УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»: В. Н. Основин, доцент, канд. техн. наук; Л. Г. Основина, доцент, канд. техн. наук и О. В. Сокол, ст. преподаватель. Пособие рекомендовано студентам и учащимся учебных заведений очной и заочной форм обучения для лекционных и практических занятий, выполнения контрольных работ и дипломных проектов (работ).

При составлении учебного пособия использовалась рекомендованная учебной программой, а также научная и специальная литература, действующие государственные стандарты, СТБ и Постановления Министерства по чрезвычайным ситуациям, труда и социальной защиты Республики Беларусь.

# 1. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

## 1.1. Общие понятия о технических системах

Современные машины, аппараты, производственное оборудование представляют собой совокупность элементов, находящихся друг с другом в особых отношениях и образующих сложные системы, способные совершать операции, работы, процедуры; обеспечивать заданное течение технологических процессов, действуя по программам, задаваемым человеком. В действующих сложных системах можно выделить: технические, эргатические, технологические, экономические, социальные, организационные и управленческие системы.

При проектировании и последующей эксплуатации сложных систем важное место занимают задачи моделирования технического объекта, как системы взаимосвязанных элементов, образующих единое целое, то есть техническую систему.

Под *техническими системами* понимают материальные объекты искусственного происхождения, которые состоят из совокупности упорядоченно взаимодействующих элементов  $M$ , объединенных соответствующими связями  $R$  и вступающих в определенные отношения между собой и с окружающей средой с целью самостоятельного выполнения в штатных условиях, предусмотренных их конструкцией, потребительских функций (рис. 1.1).

Окружающая среда представляет собой совокупность внешних объектов, взаимодействующих с системой, а функция – свойство системы, используемое для преобразования входных величин  $E_f$ , при внешних и дополнительных воздействиях  $A_n$  и условиях работы  $E_n$ , в выходные величины  $A_f$ .

Функцией является объективно измеряемое свойство, которое может быть охарактеризовано параметрами системы. Количество

реализуемых системой функций соответствует количеству используемых системой физических свойств. Если система выполняет несколько функций, то различают общую и частные функции. Общая функция охватывает множество всех входных и выходных величин, которое характеризует рассматриваемую систему как одно целое. Частные функции делятся на *главные* и *вспомогательные* – по их значению в выполнении задачи; *основные* и *элементарные* – по типу изменения изменений функций в процессе их выполнения.

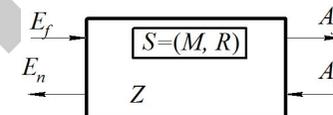


Рис. 1.1. Структура взаимодействия элементов технических систем:  $E_f, A_f$  – параметры, характеризующие функции системы;  $E_n, A_n$  – параметры, не относящиеся к функциям системы (условия работы, внешние и дополнительные воздействия);  $Z$  – системный оператор

Совокупность элементов  $M$  и отношений  $R$  между ними внутри системы образуют структуру технических систем  $S = (M, R)$ . Элемент системы при проектировании рассматривается как одно целое, хотя он может иметь различную степень сложности. Если при рассмотрении элемента не принимается во внимание его форма и внутреннее строение, а рассматривается только выполняемая им функция, то такой элемент называется *функциональным*. Для технических систем элементами могут быть: деталь, звено, группа, узел, простой или типовой механизм. *Деталь* – элемент конструкции, не имеющий в своем составе внутренних связей (состоящий из одного твердого тела). *Звено* – твердое тело или система жестко связанных твердых тел (может состоять из одной или нескольких деталей), входящая в состав механизма. *Группа* – кинематическая цепь, состоящая из подвижных звеньев, связанных между собой кинематическими парами (отношениями), и удовлетворяющая некоторым заданным условиям. *Узел* – несколько деталей, связанных между собой функционально, конструктивно или каким-либо другим образом. С точки зрения системы узлы, группы, простые или типовые механизмы рассматриваются как подсистемы. Для технических систем интерес представляют отношения, определяющие структуру системы и ее функции, то есть расположения и связи. *Расположения* – такие отношения между элементами, которые описывают их геометрические относительные

положения. *Связи* – отношения между элементами, предназначенные для передачи материала, энергии или информации между элементами. Связи могут осуществляться с помощью различных физических средств: механических соединений, жидкостей, электромагнитных или других полей, упругих элементов.

Несмотря на огромное разнообразие материальных объектов искусственного происхождения, технические системы обладают рядом общих признаков и структурных особенностей, что позволяет считать их единой группой объектов.

Основные признаки технических систем:

- системы состоят из частей элементов, то есть имеют структуру;
- элементы (части) системы имеют связи друг с другом, соединены определенным образом, организованы в пространстве и во времени;
- системы созданы для каких-то целей, то есть выполняют полезные функции;
- каждая система в целом обладает каким-то особым качеством, не равным простой сумме свойств составляющих ее элементов, иначе пропадает смысл в создании системы (цельной, функционирующей, организованной).

Отсутствие хотя бы одного из перечисленных признаков не позволяет считать объект технической системой.

В каждой из технических систем существует функциональная часть – объект управления, функции которого заключаются в восприятии управляющих воздействий и в изменении в соответствии с ними своего состояния. Объект управления в технических системах не выполняет функции принятия решений, то есть не формирует и не выбирает альтернативы своего поведения, а только реагирует на внешние (управляющие и возмущающие) воздействия, изменяя свои состояния предопределенным его конструкцией образом.

В объекте управления всегда могут быть выделены две функциональные части – сенсорная и исполнительная.

*Сенсорная часть* образована совокупностью технических устройств, непосредственной причиной изменения состояний каждого из которых является соответствующие ему и предназначенные для этого управляющие воздействия. Примеры сенсорных устройств: выключатели, переключатели, задвижки, заслонки, датчики и другие подобные им по функциональному назначению устройства управления техническими системами.

*Исполнительная часть* образована совокупностью материальных объектов, все или отдельные комбинации состояний которых рассматриваются в качестве целевых состояний технической системы, в которых она способна самостоятельно выполнять предусмотренные ее конструкцией потребительские функции. Непосредственной причиной изменения состояний исполнительной части технических систем являются изменения состояний ее сенсорной части.

Таким образом, к техническим системам относятся: машины, механизмы, аппараты, сосуды, линии, агрегаты, транспортные и грузоподъемные машины и оборудование, а также другие устройства и средства, эксплуатируемые на предприятии.

*Движущимися частями* технических систем являются рабочие и приводные органы оборудования. Примерами таких органов, являются: зубчатые, ременные, цепные и другие передачи, валы и их цапфы, цилиндры, барабаны, шкивы, маховики, муфты, диски, пуансоны, столы, ремни, шнеки, колеса, лопасти, пилы, ножи, веретена, ковши, ткань, рабочие жидкости и твердые материалы, вращающиеся или перемещающиеся в каком-либо направлении.

Безопасность технических систем достигается правильным выбором принципов действия, конструктивных схем, материалов и рабочих процессов; применением в конструкции специальных защитных средств, максимальным использованием средств механизации, автоматизации, дистанционного управления; включением требований безопасности в техническую документацию на монтаж, эксплуатацию, ремонт, хранение и транспортирование оборудования, выполнением эргономических требований.

## **1.2. Опасные и вредные производственные факторы при эксплуатации технических систем**

В процессе жизнедеятельности человек подвергается воздействию различных опасностей, под которыми обычно понимают явления, процессы, объекты, способные в определенных условиях наносить ущерб здоровью человека непосредственно или косвенно, то есть вызывать различные нежелательные последствия.

Человек подвергается воздействию опасностей и в своей трудовой деятельности. Эта деятельность осуществляется в пространстве,

называемом *производственной средой*. В условиях производства на человека в основном действуют техногенные, то есть связанные с техникой, опасности, которые принято называть опасными и вредными производственными факторами.

**Опасными производственными факторами** (ОПФ) называются такие производственные факторы, воздействие которых на работающего в производственном процессе в определенных условиях способно привести к травме или другому внезапному резкому ухудшению здоровья либо к смерти. *Травма* – это повреждение тканей организма и нарушение его функций внешним воздействием. Травма является результатом несчастного случая на производстве, под которым понимают случай воздействия опасного производственного фактора на работающего при выполнении им трудовых обязанностей или заданий руководителя работ.

**Вредными производственными факторами** (ВПФ) называются такие производственные факторы, воздействие которых на работающего в производственном процессе в определенных условиях может привести к заболеванию, снижению трудоспособности или смерти. Заболевания, возникающие под действием вредных производственных факторов, называются профессиональными.

Все виды опасностей (негативных воздействий), возникающих в процессе трудовой деятельности человека разделяют в соответствии с ГОСТ 12.0.003–74 «Система стандартов безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» на следующие группы: физические, химические, биологические и психофизиологические (социальные).

К *опасным физическим факторам* относятся: движущиеся машины и механизмы; различные подъемно-транспортные устройства и перемещаемые грузы; незащищенные подвижные элементы производственного оборудования (приводные и передаточные механизмы, режущие инструменты, вращающиеся и перемещающиеся приспособления); отлетающие частицы обрабатываемого материала и инструмента; электрический ток; повышенная температура поверхностей оборудования и обрабатываемых материалов.

*Вредными для здоровья физическими факторами* являются: повышенная или пониженная температура воздуха рабочей зоны; высокие влажность и скорость движения воздуха; повышенные уровни шума, вибрации, ультразвука и различных излучений – тепловых,

ионизирующих, электромагнитных, инфракрасных. К вредным физическим факторам относятся также запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны; недостаточная освещенность рабочих мест, проходов и проездов; повышенная яркость света и пульсация светового потока.

*Химические опасные и вредные производственные факторы* по характеру действия на организм человека подразделяются на следующие группы:

– общетоксические, раздражающие, сенсибилизирующие (вызывающие аллергические заболевания), канцерогенные (вызывающие развитие опухолей), мутагенные (действующие на половые клетки организма). В эту группу входят многочисленные пары и газы: пары бензола и толуола, оксид углерода, сернистый ангидрид, оксиды азота, аэрозоли свинца;

– токсичные пыли, образующиеся, например, при обработке резанием бериллия, свинцовистых бронз, латуней и некоторых пластмасс. Сюда относятся также агрессивные жидкости (кислоты, щелочи), которые могут причинить химические ожоги кожного покрова при соприкосновении с ним.

*Биологические опасные и вредные производственные факторы*: микроорганизмы (бактерии, вирусы) и макроорганизмы (растения и животные), воздействие которых на работающих вызывает травмы или заболевания.

*Психофизиологические опасные и вредные производственные факторы*: физические перегрузки (статические и динамические) и нервно-психические перегрузки (умственное перенапряжение, перенапряжение анализаторов слуха, зрения и др.).

Четкой границы между опасными и вредными производственными факторами часто не существует. Рассмотрим в качестве примера воздействие на работающего расплавленного металла. Если человек попадает под его непосредственное воздействие (термический ожог), это приводит к тяжелой травме и может закончиться смертью пострадавшего. В этом случае воздействие расплавленного металла на работающего является опасным производственным фактором.

Если же человек, постоянно работая с расплавленным металлом, находится под действием лучистой теплоты, излучаемой этим источником, то под влиянием облучения в организме происходят биохимические сдвиги, наступает нарушение деятельности сердечно-

сосудистой и нервной систем. Кроме того, длительное воздействие инфракрасных лучей вредно влияет на органы зрения – приводит к помутнению хрусталика. Таким образом, во втором случае воздействие лучистой теплоты от расплавленного металла на организм работающего является вредным производственным фактором.

Следует иметь в виду, что одни опасности влияют только на человека (вращающиеся части машин, отлетающие частицы металла), а другие – как на человека, так и на среду, окружающую рабочие места (шум, пыль).

Опасности бывают:

– *непосредственные* (повышенная температура, влажность, электромагнитные поля, шум, вибрация, ионизирующее излучение). Воздействуя на живой организм, эти опасности вызывают те или иные ощущения. В определенных случаях эти воздействия могут быть небезопасны;

– *косвенные* опасности воздействуют на человека не сразу. Например, коррозия металлов непосредственной угрозы для человека не представляет. Но в результате ее снижается прочность деталей, конструкций, машин, сооружений. При отсутствии мер защиты они приводят к авариям, порождая непосредственную опасность.

Свойство опасности проявляется только в определенных условиях, называемых *потенциальностью*. Уберечь человека от скрытых потенциальных опасностей удастся не всегда, так как, во-первых, некоторые опасности носят скрытый характер, обнаруживаются не сразу, возникают неожиданно, непредвиденно; во-вторых, человек не всегда подчиняется сигналам, не выполняет правил безопасности, которые ему хорошо известны.

В результате опасности из потенциальных превращаются в действительные, принося большой ущерб, как отдельным людям, так и обществу в целом.

Среди различных работ выделяют работы (и целые профессии) повышенной опасности. К ним относятся все работы, связанные с подъемными кранами, баллонами высокого давления, электросетью высокого напряжения и пр.

Общество, используя различные средства, обеспечивает определенный уровень безопасности производства, но абсолютную безопасность обеспечить невозможно. Для характеристики опасности используют понятие риска.

*Риск* – сочетание вероятности возникновения опасного события или воздействия(ий) и тяжести травмы или профессионального заболевания, причиной которого может быть это событие или воздействие(ия).

*Профессиональный риск* – вероятность повреждения здоровья или утраты трудоспособности либо смерти работающего в результате воздействия вредных и (или) опасных производственных факторов.

*Риск* – количественная оценка опасности, то есть отношение числа тех или иных неблагоприятных последствий к их возможному числу за определенный период (обычно год). Знание уровня риска позволяет сделать определенное заключение о целесообразности (или нецелесообразности) дальнейших усилий для повышения безопасности того или иного рода деятельности с учетом экономических, технических и гуманитарных соображений.

Значение риска от конкретной опасности можно получить из статистики несчастных случаев, случаев заболеваний, случаев насильственных действий на членов общества за различные промежутки времени: смена, сутки, неделя, квартал, год. Вероятность возникновения чрезвычайных ситуаций применительно к техническим системам и технологиям оценивают на основе статистических данных или теоретических исследований.

При использовании статистических данных величину риска определяют по формуле:

$$R = (N_{\text{чс}}/N_0) \leq R_{\text{доп}}, \quad (1.1)$$

где  $R$  – риск;

$N_{\text{чс}}$  – число чрезвычайных событий в год;

$N_0$  – общее число событий в год;

$R_{\text{доп}}$  – допустимый риск.

Опасности могут быть реализованы в форме травм или заболеваний только в том случае, если зона формирования опасностей (нокосфера) пересекается с зоной деятельности человека (гомосфера). В производственных условиях, где рабочая зона и источник опасности один из элементов производственной среды, различают индивидуальный, коллективный (социальный) и приемлемый риски.

*Индивидуальный риск* характеризует реализацию опасности определенного вида деятельности для конкретного индивидуума.

Используемые в нашей стране показатели производственного травматизма и профессиональной заболеваемости, такие как частота несчастных случаев и профессиональных заболеваний, являются выражением индивидуального производственного риска.

*Коллективный риск* – это травмирование или гибель двух и более человек от воздействия опасных и вредных производственных факторов. Использование риска в качестве единого индекса вреда при оценке действия различных негативных факторов на человека начинает в настоящее время применяться для обоснованного сравнения безопасности различных отраслей экономики и типов работ, аргументации социальных преимуществ и льгот для определенной категории лиц.

*Приемлемый риск* – это риск, уменьшенный до уровня, который организация может допустить с учетом своих обязанностей по соблюдению применимых законодательных требований и собственной политики в области охраны труда. Необходимость формирования концепции приемлемого (допустимого) риска обусловлена невозможностью создания абсолютно безопасной деятельности (технологического процесса). Приемлемый риск сочетает в себе технические, экономические, социальные и политические аспекты и представляет некоторый компромисс между уровнем безопасности и возможностями ее достижения.

*Экономические возможности повышения безопасности технических систем не безграничны.* Так, на производстве, затрачивая чрезмерные средства на повышение безопасности технических систем, можно нанести ущерб социальной сфере производства (сокращение затрат на приобретение спецодежды, медицинское обслуживание).

В настоящее время сложились представления о величинах приемлемого (допустимого) и неприемлемого риска. Неприемлемый риск имеет вероятность реализации негативного воздействия более  $10^{-3}$ , приемлемый – менее  $10^{-6}$ . При значениях риска от  $10^{-3}$  до  $10^{-6}$  принято различать переходную область значений риска.

Существует четыре *методических подхода* к определению риска:

1. *Инженерный*, опирающийся на статистику, расчет частот, вероятностный анализ безопасности, построение деревьев опасности.

2. *Модельный* основан на построении моделей воздействия вредных факторов на отдельного человека, социальные, профессиональные группы.

3. *Экспертный*, при котором вероятность событий определяется на основе опроса опытных специалистов, то есть экспертов.

4. *Социологический*, основанный на опросе населения.

Применять эти методики необходимо в комплексе, поскольку они отражают разные аспекты риска, а для первых двух методик – не всегда есть достаточные данные.

### 1.3. Основные принципы безопасности технических систем

Человеческий опыт накопил определенные приемы и методы, выработал принципы обеспечения безопасного взаимодействия со средой обитания, особенно в производственной сфере. На исключение негативного воздействия на работающих опасных и вредных производственных факторов направлены основные принципы обеспечения безопасности технических систем, которые классифицируют по четырем группам: ориентирующие, технические, организационные и управленческие.

*Оrientирующие принципы* представляют собой основные идеи для поиска безопасных решений и накопления информационной базы:

– *принцип активности оператора.* Человек (оператор), не участвуя физически в управлении процессом, находится в состоянии постоянной готовности вмешаться в него (например, работа диспетчера);

– *принцип гуманизации деятельности* ориентирует на рассмотрение проблем безопасности человека как первоочередных при решении любых производственных задач;

– *принцип системности* ориентирует на учет всех без исключения элементов, формирующих опасные или вредные факторы, которые могут привести к несчастному случаю;

– *принцип деструкции* направлен на поиск хотя бы одного элемента в системе обстоятельств, искусственное удаление которого позволило бы не допустить несчастного случая (например, понижение температуры в помещении не позволяет произойти самовозгоранию паров топлива или органической пыли);

– *принцип снижения опасности* направлен не на ликвидацию опасности, а только на снижение ее уровня (например, снижение напряжения до 36 В при пользовании электроинструментом без заземления);

– *принцип ликвидации опасности* состоит в устранении опасных и вредных факторов при выполнении технологических процессов (например, замена опасного оборудования безопасным, применение научной организации труда);

– *принцип классификации* направлен на распределение опасных и вредных факторов по определенным признакам, что позволяет делать обоснованные прогнозы относительно неизвестных фактов или закономерностей.

**Технические принципы** основаны на использовании физических законов с применением технических средств:

– *принцип блокировки* исключает возможность проникновения человека в опасную зону (например, автоматические шлагбаумы, двери, заслонки, створки, которые закрываются или фиксируются при приближении человека к опасной зоне);

– *принцип слабого звена* заключается в запланированном разрушении одного из звеньев механизма в случае его перегрузки (например, плавкие предохранители, шпонки, штифты, предохранительные муфты);

– *принцип прочности* направлен на повышение уровня безопасности наиболее ответственных элементов конструкций путем повышения коэффициента запаса прочности, когда значения критериев разрушения материала превышают допустимые нагрузки в эксплуатации;

– *принцип экранирования* заключается в размещении между человеком и источником опасности преграды гарантирующей защиту от опасностей (защита от шума, магнитных полей, ионизирующих излучений);

– *принцип защиты расстоянием* заключается в том, что источник опасности устанавливается от человека на расстоянии, при котором обеспечивается заданный уровень безопасности. Принцип основан на том, что некоторые опасные или вредные факторы снижают свое воздействие на человека при увеличении расстояния;

– *принцип герметизации* заключается в обеспечении невозможности утечки жидкой или газовой среды из одной зоны в другую

(сальниковые уплотнения, оболочки, баллоны, сифоны, мембраны, диафрагмы);

– *принцип вакуумирования* заключается в проведении технологических процессов при пониженном давлении по сравнению с атмосферным (например, для смещения точки кипения жидкости в сторону более низких температур, для транспортировки газа в аппаратах, где вакуум позволяет вести процесс более экономично и безопасно).

**Организационные принципы** – это те принципы, которые с целью повышения безопасности способствуют реализации положения научной организации деятельности:

– *принцип защиты временем* предполагает сокращение длительности нахождения человека под воздействием опасных или вредных факторов до безопасных значений, (например, сокращение времени хранения продуктов и товаров в таре с целью предотвращения отравлений, взрывов и пожаров);

– *принцип нормирования* состоит в регламентации условий, соблюдение которых обеспечивает необходимый уровень безопасности (например, предел допустимой концентрации вредных веществ в среде обитания, уровня излучений, воздействия магнитных полей);

– *принцип эргономичности* состоит в том, что для обеспечения безопасности учитываются антропометрические, психофизические и психологические свойства человека при создании рабочего места, места отдыха и социально-бытовых нужд;

– *принцип информации* заключается в передаче и усвоении персоналом сведений, обеспечивающих необходимый уровень безопасности (например, инструктаж, обучение, предупреждающие знаки, сигнализация);

– *принцип резервирования (дублирования)* состоит в одновременном применении нескольких устройств, способов, приемов, направленных на защиту от одной и той же опасности (например, несколько выходов для эвакуации в помещениях, несколько двигателей в самолете, аварийное освещение в зданиях, имеющее несколько различных источников энергопитания);

– *принцип последовательности* заключается в формировании определенной очередности выполнения операций, процессов, регламентных работ с целью снижения уровня опасности (например, перед

допуском рабочего к выполнению работы проводится инструктаж по технике безопасности, перед включением в работу станочного оборудования – выполняется техосмотр).

**Управленческие принципы** – это те принципы, которые определяют взаимосвязь и отношения между отдельными стадиями и этапами процесса обеспечения безопасности:

– *принцип плановости* состоит в установлении на определенном периоде количественных показателей и направлений деятельности. Планирование в области безопасности направлено на улучшение условий труда;

– *принцип стимулирования* опирается на распределение материальных благ и моральных поощрений в зависимости от результатов труда работающего;

– *принцип компенсации* состоит в предоставлении дополнительных льгот на работах с тяжелыми условиями труда с целью восстановления или поддержания здоровья (например, повышение тарифных ставок, выдача лечебно-профилактического питания для предупреждения профессиональных заболеваний);

– *принцип эффективности* состоит в сопоставлении фактических результатов с плановыми и оценке достигнутых показателей по критериям затрат и выгод (например, контроль уровня травматизма на производстве, улучшение условий труда по сравнению с принятыми обязательствами);

– *принцип контроля* заключается в организации органов контроля и надзора с целью проверки объектов на соответствие их регламентированным требованиям безопасности;

– *принцип обратной связи* заключается в организации системы получения информации о результатах воздействия управляющей системы на управляемую путем сравнения параметров соответствующих состояний (например, контроль за расходом топлива в зависимости от скорости движения автомобиля);

– *принцип ответственности* означает, что для обеспечения безопасности должны быть регламентированы права, обязанности и ответственность лиц, которые участвуют в управлении безопасностью (например, за здоровье и жизни людей отвечает руководитель предприятия, а контроль над условиями труда должен быть возложен на работника службы охраны труда).

## Контрольные вопросы и задания

1. Что понимается под техническими системами? Дайте определение техническим системам.
2. Какова структура взаимодействия элементов технических систем?
3. Назовите основные элементы технических систем и их признаки.
4. Охарактеризуйте две функциональные части технических систем – сенсорную и исполнительную.
5. Что относится к движущимся частям технических систем? Приведите примеры.
6. Чем достигается безопасность технических систем на стадии проектирования и в процессе их эксплуатации?
7. Дайте определение опасным и вредным производственным факторам. Когда возникают профессиональные заболевания?
8. Назовите группы опасностей (негативных воздействий), возникающих в процессе трудовой деятельности человека и дайте их характеристики.
9. Что такое потенциальность?
10. Дайте определение понятия риска. В чем он выражается?
11. Определите величину риска при использовании статистических данных на примере конкретного производственного предприятия.
12. Какие виды риска различают в производственных условиях, где рабочая зона и источник опасности являются одним из элементов производственной среды?
13. Назовите основные методические подходы к определению риска и дайте их характеристику.
14. Охарактеризуйте ориентирующие принципы безопасности технических систем.
15. Приведите характеристики технических принципов безопасности технических систем.
16. Чему способствуют организационные принципы безопасности технических систем и их виды?
17. Назовите основные виды управленческих принципов и укажите их назначение.

## 2. ОПАСНОСТИ МЕХАНИЧЕСКОГО ТРАВМИРОВАНИЯ И СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ РАБОТАЮЩИХ ОТ ВОЗДЕЙСТВИЙ МЕХАНИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ

### 2.1. Источники механического травмирования и их воздействие на человека

Из огромного количества травмоопасных факторов, позволяющих утверждать, что любая деятельность потенциально опасна, следует выделить наиболее значимую группу физических травмоопасных факторов, приводящих к механическому травмированию человека.

Источниками *механического травмирования* могут быть движущиеся механизмы и машины; незащищенные подвижные элементы производственного оборудования; передвигающиеся изделия, заготовки; разрушающиеся конструкции; острые кромки, заусеницы и шероховатости на поверхности заготовок, изделий, инструментов и оборудования; подъемно-транспортное оборудование, а также падение предметов с высоты. К перечисленным выше источникам можно добавить коррозию металлов, являющуюся причиной ослабления прочности конструкции и способствующую внезапному ее разрушению; неправильную эксплуатацию сосудов, работающих под давлением, при разрушении которых выделяется значительное количество энергии; падение на скользких поверхностях; действие нагрузок при подъеме тяжестей.

Основные виды травмоопасных факторов могут быть представлены в следующих местах:

– в точке выполнения технологических операций или видов работ (резание, формование, штамповка, строгание, фрезерование, прессование, шлифование);

– на приводах и устройствах, передающих механическую энергию (маховики, шкивы, муфты, кулачки, шпиндели, цепи, кривошипы, шестеренки);

– на прочих движущихся частях, таких как возвратно-поступательные механизмы, механизмы подачи, ленточные и цепные конвейеры.

Виды травмоопасных факторов при выполнении технологических операций зависят от типа действий механизмов и инструмента, назначения технологического оборудования (резание, пробивка, вырубка, гибка, строгание).

На рис. 2.1–2.4 приведены примеры травмоопасных факторов, возникающих при выполнении различных технологических операций.

*Режущее действие* создает опасность, так как в точке выполнения операции, могут быть повреждены пальцы, голова и руки, а отскочившая стружка может попасть в глаза и лицо. Типичными примерами машин, представляющих опасность с точки зрения режущего действия, являются ленточные и круглые пилы, расточные и сверлильные станки, токарные и фрезерные станки (рис. 2.1).

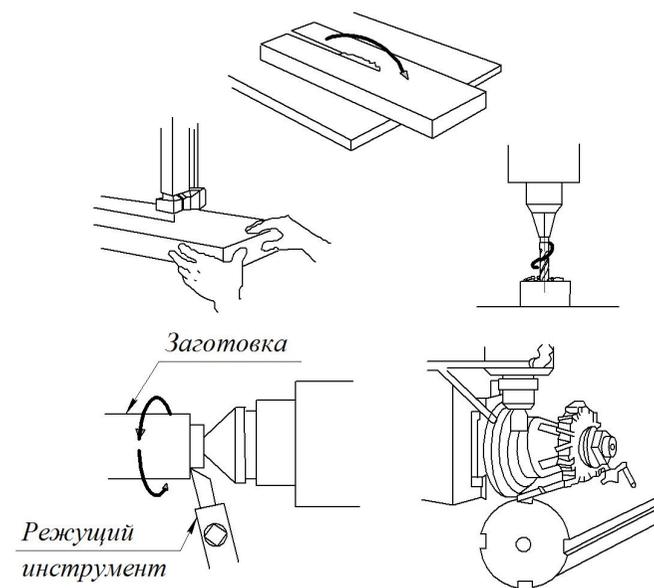


Рис. 2.1. Примеры опасностей с точки зрения режущего действия

**Ударное действие** происходит тогда, когда сила прилагается к салазкам (плунжеру) с целью вырубке заготовки, выбивки или штамповки металла или других материалов. Опасность от такого типа действий возникает в точке операции, где материал вставляется, удерживается, а затем вынимается вручную. Типичными машинами, использующими ударное действие, являются прессы с механическим приводом (рис. 2.2).

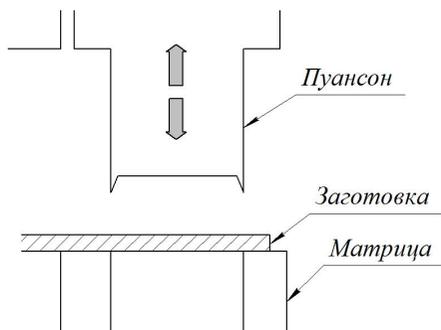


Рис. 2.2. Опасность травмирования при штамповке и вырубке заготовок

**Срезающее действие** предполагает приложение силы к салазкам или ножу, чтобы срезать или сколоть кромку металла или другого материала. Опасность возникает в точке операции, где материал вставляется, удерживается, а затем вынимается. Типичными примерами машин и механизмов, используемых для подобных операций, могут служить механические, гидравлические или пневматические ножницы (рис. 2.3).

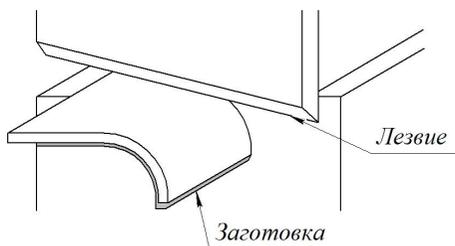


Рис. 2.3. Опасность травмирования раскроя заготовок на пневматических ножницах

**Сгибающее действие** возникает тогда, когда сила прилагается на салазки с целью профилирования, вытягивания и штамповки металла и других материалов. Опасность возникает в точке операции, где материал вставляется, удерживается и затем вынимается. Оборудование, использующее сгибающее действие, включает прессы с механическим приводом и станки для сгибания труб (рис. 2.4).

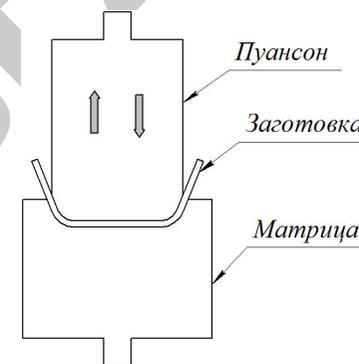
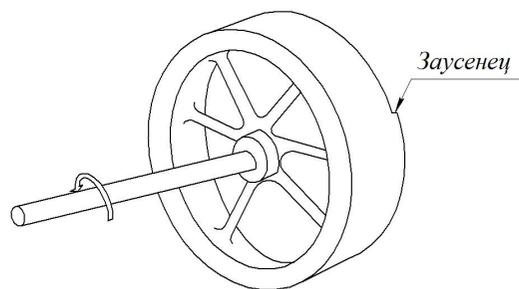


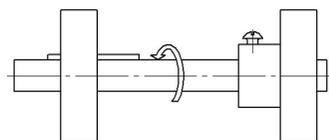
Рис. 2.4. Опасность травмирования при работе на оборудовании для сгибания труб, заготовок

Значительную травмоопасность представляют движущиеся заготовки, части машины и оборудования. Существует 3 основных типа движения: *вращательное, возвратно-поступательное и продольное*. В зависимости от типа движения вид и величина травмоопасных факторов могут быть различными. На рис. 2.5–2.10 приведены примеры травмоопасных факторов в зависимости от типа движения.

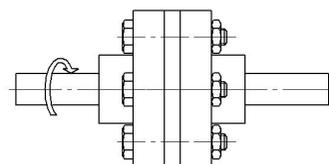
**Вращательное движение.** Втулки, муфты, кулачки, маховики, наконечники валов, шпиндели, горизонтальные или вертикальные валы являются примерами общепринятых вращающихся механизмов, которые могут представлять опасность. Существует дополнительная опасность, когда болты, прорези, заусенцы, выступающие шпонки или установочные винты торчат во вращающихся частях машин и механизмов, как показано на рис. 2.5. Даже гладкие медленно вращающиеся валы могут захватить одежду и вывернуть руку. Телесные повреждения, вызванные контактом с вращающимися частями, могут быть серьезными.



*Вращающийся шкив со спицами и выступающими заусенцами на поверхности шкива*



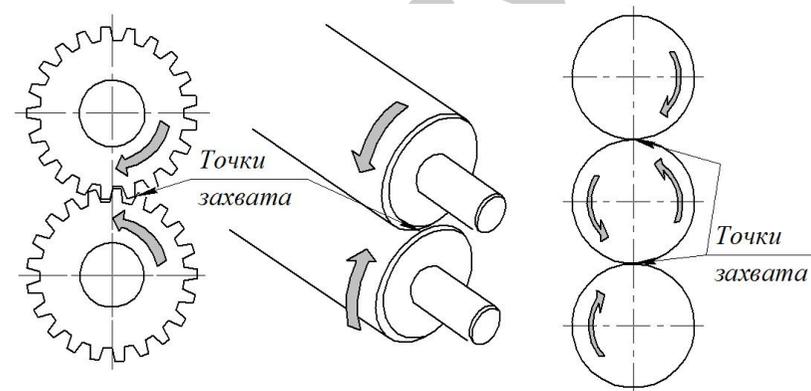
*Вращающийся вал и шкивы с выступающим клином и установочным винтом*



*Вращающаяся муфта с выступающими головками болтов*

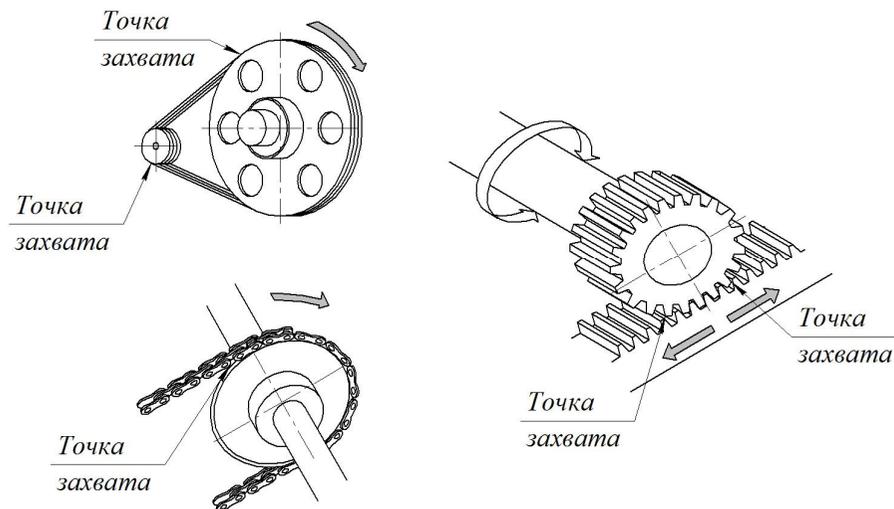
*Рис. 2.5. Травмоопасные элементы на вращающихся частях механизмов*

*Первый тип точки захвата при вращательном движении наблюдается тогда, когда части машин с параллельными осями могут вращаться в разных направлениях. Эти части могут соприкоснуться (создавая таким образом точку захвата) или находиться вблизи друг от друга. В этом случае материал, который подается между вальцами, создает опасные точки захвата. Эта опасность является общей для машин и механизмов со сцепленными шестернями, вращающимися вальцами и каландрами, как показано на рис. 2.6.*



*Рис. 2.6. Наиболее распространенные точки захвата между вращающимися частями механизмов*

*Второй тип точки захвата создается между вращающимися и тангенциально (по касательной) двигающимися частями, например между трансмиссионной лентой и ее шкивом, цепью и звездочкой, зубчатой рейкой и шестерней (рис. 2.7).*



*Рис. 2.7. Травмоопасные точки захвата вращающимися элементами и частями с продольными движениями*

Третий тип точки захвата также может возникать между вращающимися и неподвижными частями, вызывая режущее, дробящее и обдирающее действие. В качестве примера можно привести маховики со спицами, резьбовые конвейеры или окружность абразивного колеса с неправильно отрегулированной опорой, как показано на рис. 2.8.

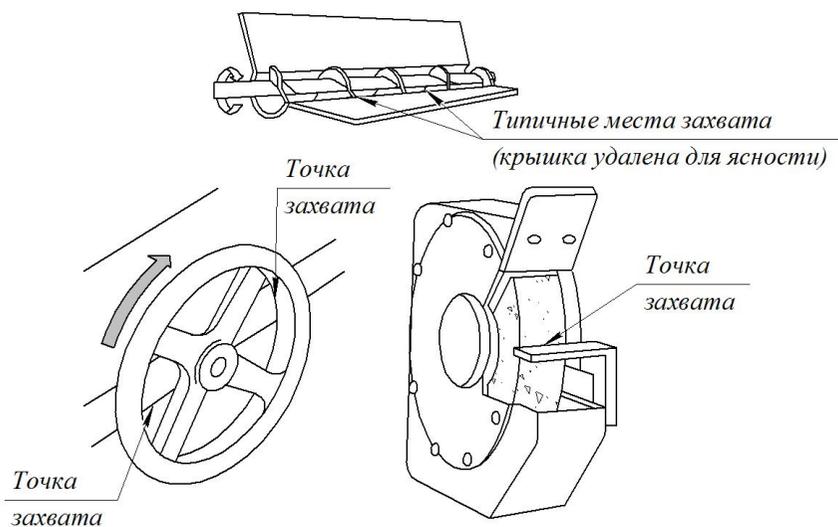


Рис. 2.8. Травмоопасные точки захвата между вращающимися и неподвижными частями машин

**Возвратно-поступательное движение** может быть опасным, поскольку во время движения назад–вперед и вверх–вниз рабочий может получить удар или попасть между движущейся частью станка и неподвижной опорой, например перегородкой (рис. 2.9).

**Продольное движение** (движение по прямой непрерывной линии) создает опасность, поскольку рабочий может получить удар или быть захваченным в точке захвата или среза движущейся частью. Пример продольного движения ремня привода показан на рис. 2.10.

Серьезную опасность на производстве и в быту создают грузоподъемные машины и оборудование (краны, конвейеры, лифты).

К основным травмоопасным факторам, возникающим при эксплуатации грузоподъемных машин и устройств, относятся: падение

груза с высоты вследствие разрыва грузового каната или неисправности грузозахватного устройства; разрушение металлоконструкции крана (тягового органа в конвейерных установках); потеря устойчивости и падение стреловых самоходных кранов; спадание каната или цепи с блока особенно при подъеме груза, кроме того при раскатке блока возможно соскальзывание каната или цепи с крюка; при использовании ручных лебедок возможно травмирование как самим грузом, так и приводными рукоятками из-за самопроизвольного опускания груза; срыв винтовых, реечных и гидравлических домкратов, если они установлены на неустойчивом и непрочном основании или не вертикально (с наклоном), а также их самопроизвольное опускание; при погрузке и разгрузке крупногабаритного груза на ручные безрельсовые тележки.

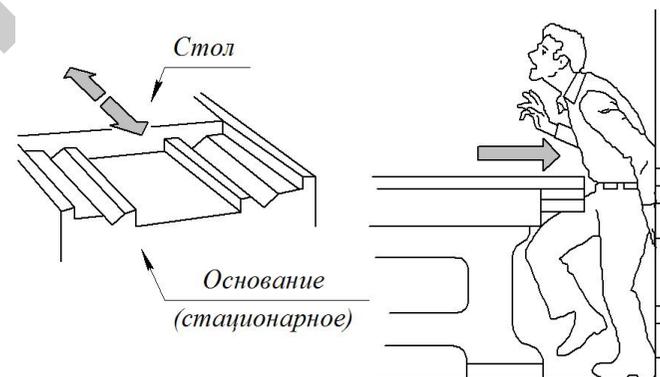


Рис. 2.9. Травмоопасное возвратно-поступательное движение

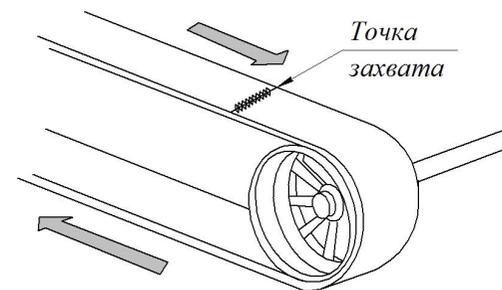


Рис. 2.10. Травмоопасная точка захвата продольного движения

К реальным травмоопасным источникам относятся также ручные (отвертки, ножи, напильники, зубила, молотки, пилы, рубанки) и механизированные инструменты (например, дрели, перфораторы, пилы с электро-, бензо- и пневмоприводом). Основными травмоопасными факторами при этом являются неисправность инструмента, возможность попадания пальцев или рук в зону обработки материала, возможность повреждения глаз и других частей тела отлетающими из зоны обработки осколками, стружкой, пылью.

Для исключения вероятности воздействия опасных и снижения воздействия вредных производственных факторов на работающих, технические системы должны быть обеспечены средствами производственной безопасности (защиты), которые снижают риск механических опасностей от производственного оборудования.

## 2.2. Опасные зоны механических источников травмирования

Механические опасности могут возникнуть у любого объекта технических систем, способного причинить человеку травму в результате неспровоцированного контакта объекта или его частей с человеком. Риск подвергнуться такому контакту наблюдается при взаимодействии человека с объектом в трудовом процессе и при случайном прохождении человека в пределах действия объекта в опасной зоне оборудования.

Методы и средства обеспечения безопасности выбирают на основе выявления опасных факторов, специфических для данного технологического процесса, а также изучения зоны действия (опасной зоны) и особенностей каждого выявленного фактора. **Опасной зоной** называют пространство, в котором постоянно действуют или периодически возникают факторы, опасные для здоровья и жизни человека (пространство около открытых токоведущих частей; пространство, в котором действуют опасные для здоровья излучения; пространство, определяющее границы вращения или перемещения различных частей).

Опасную зону могут создать открытые вращающиеся или перемещающиеся детали машин или обрабатываемые изделия (рис. 2.11),

она может быть даже на расстоянии от источника опасности (например, от отлетающей стружки, частиц абразива и т. п.).

К особо опасным относятся зоны, где возможен захват одежды или волос, открытые движущиеся и вращающиеся детали, заготовки и т. д. Размер опасных зон зависит от скорости деталей (заготовок), а также движущихся частей и рабочих органов машин и механизмов.

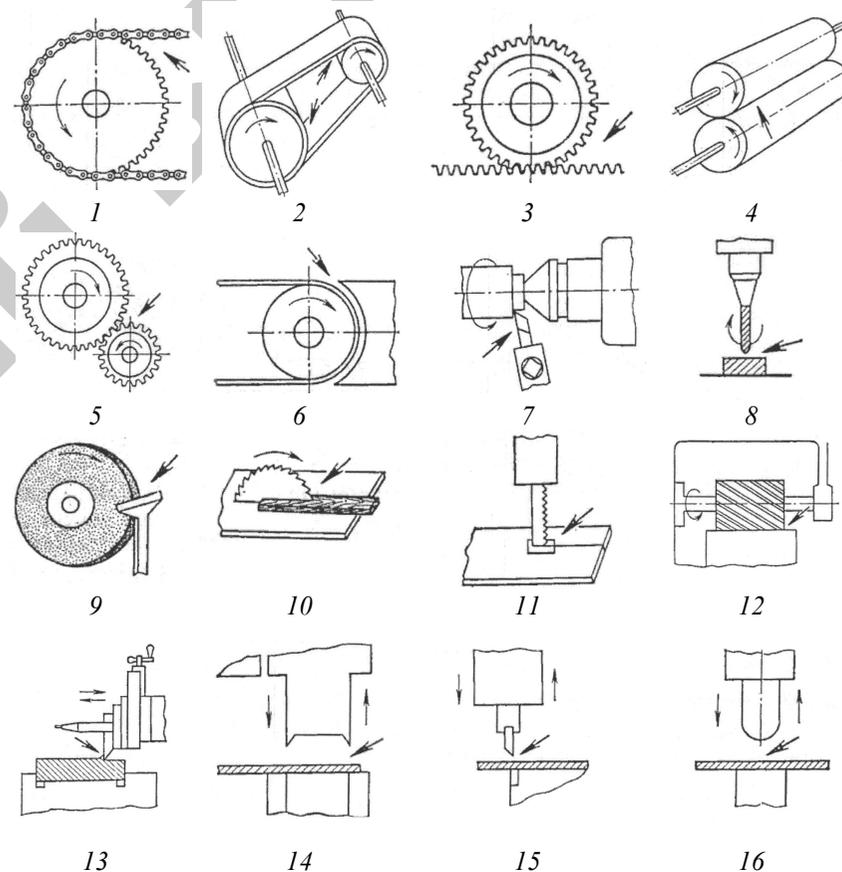


Рис. 2.11. Опасные зоны механизмов (указаны жирной стрелкой): 1 – передаточная цепь с зубчаткой; 2 – ременная передача; 3 – зубчатая рейка; 4 – вальцы; 5 – зубчатые колеса; 6 – конечный узел ленточного конвейера; 7 – суппорт токарного станка; 8 – сверло; 9 – абразивный круг; 10 – циркулярная пила; 11 – ленточная пила; 12 – фреза; 13 – резец поперечно-строгального станка; 14 – штамп; 15 – отрезное устройство; 16 – выдавливающее устройство

В зависимости от движущихся и вращающихся частей технических систем можно выделить следующие основные виды опасных зон на машинах и механизмах (рис. 2.12):

– *сжатия* – образуется вследствие поступательных движений частей оборудования, которые способны сжать или смять человека, или части его тела (например, манипуляторы, пуансоны, транспортные средства);



Рис. 2.12. Классификация основных видов опасных зон на машинах и механизмах

– *среза (сдвига)* – образуется частями оборудования, движущимися по направлению друг к другу или по отношению к неподвижным частям так, что они способны срезать (отрезать) части тела работающего (шнеки, била, колки, лопасти, зубчатые и рифленые органы);

– *резания, прокола и удара* – образуется частями оборудования, движущимися по направлению друг к другу или по отношению к неподвижным частям так, что они способны нанести работающему резаную рану или ушиб (диски ножей, пилы, сколы стекла, отлетающие части, острые выступающие части);

– *захвата* – образуется деталями и узлами оборудования, движущимися так, что части тела человека или одежды могут захватываться и затем наматываться механизмами (открытые передачи, выступающие концы валов со стопорными болтами, шпонками или неровностями, выступающие концы валов со стопорными болтами, шпонками или неровностями, выступающие концы вращающихся заготовок, прутков);

– *затягивания* – образуется частями оборудования, способными в процессе движения втянуть, затянуть части тела человека или одежды, а затем нанести рваную рану или вызвать травматическую ампутацию (ременные, зубчатые, цепные передачи, ленты и цепи конвейеров, жала валов, загрузочные звездочки, ковши, цилиндры и прочее).

Положение опасных зон в пространстве может быть постоянным или непрерывно меняющимся (переменным).

*Постоянные зоны* – зоны, размещающиеся у подвижных частей оборудования при наличии определенной закономерности их перемещения во время работы. К таким зонам относят пространства между матрицей и пуансоном пресса, сходящимися венцами зубчатых колес, набегающей ветвью приводного ремня и шкивом.

*Переменные зоны* существуют вокруг источников опасности, которые с течением времени изменяют свое направление в соответствии с создавшимися условиями и режимами выполнения операций трудового процесса, а также свойствами материалов. Например, при обработке деталей на токарных станках траектория отлетающих стружек, а, следовательно, дальность и сила поражающего действия зависят от многих факторов: режимов резания, физико-химических свойств материала, направления подачи, геометрии режущего инструмента и др. К переменным относят также зоны, возникающие в процессе погрузочно-разгрузочных работ при различных положениях стрелы тележки или ходовой платформы крана, заточке инструментов на наждачном круге, эксплуатации мобильных сельскохозяйственных машин.

Границы постоянных опасных зон можно легко определить, так как они не меняются в процессе выполнения работ, границы переменных зон не имеют четких очертаний в пространстве. Поэтому для создания безопасных условий труда очень важно найти максимальное расстояние, в пределах которого возможно воздействие на человека опасных производственных факторов эксплуатируемых машин и оборудования.

### 2.3. Безопасные условия труда при работе машин и оборудования

При работах, выполняемых на высоте, опасной зоной считают участок, расположенный под рабочей площадкой, границы которого определяют горизонтальной проекцией площади  $S_c$ , увеличенной на безопасное расстояние  $L_{без}$ ,

$$L_0 = S_c + L_{без} = S_c + 0,3H. \quad (2.1)$$

Более точно граница опасной зоны, возникающей при падении вблизи строящегося объекта предметов, которые имеют горизонтальную составляющую начальной скорости, может быть определена по следующей формуле:

$$L_{п} = \frac{S_c}{9,81m} (20H + 0,235H^2) + 0,45v\sqrt{H}, \quad (2.2)$$

где  $L_0$  и  $L_{п}$  – максимальные расстояния от строящегося объекта, в пределах которого могут возникать опасности, м;

$S_c$  – эффективная площадь поперечного сечения падающего предмета, (определяют как среднее арифметическое значений площадей наибольшего и наименьшего сечений), м<sup>2</sup>;

$H$  – высота, на которой выполняют работу, м;

$m$  – масса падающего предмета, кг;

$v$  – горизонтальная составляющая скорости падения предмета, м/с.

Если при расчетах получаются различные значения  $L_0$  и  $L_{п}$  то руководствуются большим из них.

При работе грузоподъемной машины (грузоподъемного крана, крана-балки и т. п.) возможное расстояние, на которое отлетает груз при обрыве одной из строп (рис. 2.13), определяют по формуле:

$$L_{ог} = 2\sqrt{h_{г}[l_{с}(1 - \cos \alpha) + a]}, \quad (2.3)$$

где  $h_{г}$  – высота подъема груза, м;

$l_{с}$  – длина ветви стропы, м;

$\alpha$  – угол между стропами и вертикалью, град;

$a$  – расстояние от центра тяжести груза до его края, м.

Груз, показанный на рис. 2.13 обозначен буквой  $G_{г}$  и представляет собой силу тяжести, Н.

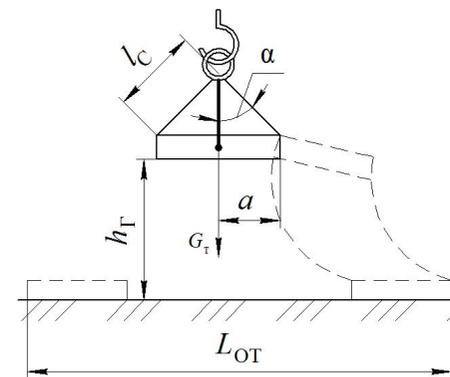


Рис. 2.13. Схема определения границ опасной зоны при обрыве стропы грузоподъемной машины

Для стреловых кранов дополнительно учитывают вылет стрелы при расчете расстояния, на которое отлетает груз в случае обрыва стропы. Тогда

$$L_{ог} = l_{в} + 2\sqrt{h_{г}[l_{с}(1 - \cos \alpha) + a]}, \quad (2.4)$$

где  $l_{в}$  – вылет стрелы крана, м.

Границы опасных зон вблизи движущихся частей и рабочих органов определяются расстоянием в пределах 5 м.

При перемещении грузов подъемными кранами, при работе вблизи строящегося здания, границы опасных зон принимают от крайней точки горизонтальной проекции наружного наибольшего размера перемещаемого (падающего) предмета или стены здания с прибавлением вылета стрелы крана, наибольшего габаритного размера перемещаемого груза и минимального расстояния отлета груза при его падении (табл. 2.1).

Таблица 2.1

Расстояние отлета грузов и предметов в зависимости от высоты падения

Высота возможного падения груза или предмета, м	Минимальное расстояние отлета груза или предмета, м	
	перемещаемого краном груза в случае его падения	в случае его падения со здания
до 10	4	3,5
10–20	7	5
20–70	10	7
70–120	15	10
120–200	20	15

При использовании в работе подъемников, устанавливаемых на краю откоса или канавы, необходимо учитывать опасную зону в соответствии с данными табл. 2.2.

Таблица 2.2

Опасная зона при установке подъемника вблизи откоса или канавы

Глубина канавы, м	Расстояние от начала откоса или канавы до края опоры подъемника при ненасыпном грунте, м				
	песчаном и гравийном	супесчаном	суглинистом	глинистом	лесовом сухом
1	1,50	1,25	1,00	1,00	1,00
2	3,00	2,40	2,00	1,50	2,00
3	4,00	3,60	3,25	1,75	2,50
4	5,00	4,40	4,00	3,00	3,00
5	6,00	5,30	4,75	3,50	3,50

При проезде, установке и работе грузоподъемных машин, механизмов и транспортных средств вблизи токоведущих частей, находящихся под напряжением, опасная зона определяется в соответствии с требованиями табл. 2.3.

Таблица 2.3

Допустимые расстояния до токоведущих частей, находящихся под напряжением

Напряжение, кВ		Расстояние от людей и применяемых ими инструментов и приспособлений от временных ограждений, м	Расстояние от механизмов и грузоподъемных машин в рабочем и транспортном положениях, от стропов, грузозахватных приспособлений и грузов, м
до 1	на воздушных линиях	0,6	1,0
	в остальных электроустановках	не нормируется (без прикосновения)	1,0
от 1 до 35		0,6	1,0
свыше 36 до 110		1,0	1,5
свыше 110 до 150		1,5	2,0
свыше 150 до 220		2,0	2,5

При работе подъемников вблизи линий электропередач опасную зону определяют в соответствии с требованиями табл. 2.4.

Таблица 2.4

Минимальное расстояние до линии электропередачи при работе подъемников

Напряжение воздушной линии электропередачи, кВ	Наименьшее расстояние, м
до 1	1,5
от 1 до 20	2,0
от 35 до 100	4,0
от 150 до 220	5,0

При обоснованной невозможности снятия напряжения с воздушной линии электропередачи и работе строительных машин в охранной зоне этой линии электропередачи опасной зоной считается расстояние от ближайшего провода под напряжением в сторону машины, приведенное в табл. 2.5.

**Пример 2.1.** Определить границы опасной зоны работающего самоходного крана КС-5363, обеспечивающего подъем железобетонных плит перекрытия размерами в плане 1,2×6 м на высоту 10 м. Длина строп 4,3 м.

Таблица 2.5

Опасное расстояние до линии электропередачи при работе строительных машин

Напряжение воздушной линии электропередачи, кВ	Расстояние, м	
	минимальное	минимально измеряемое техническими средствами
до 20	2,0	2,0
свыше 20 до 35	2,0	2,0
свыше 35 до 110	3,0	4,0
свыше 110 до 220	4,0	5,0

*Решение.* Технические характеристики крана КС-5363:  $l_0$  – расстояние от оси вращения платформы крана до оси вращения стрелы,  $l_0 = 1,8$  м;  $l_B$  – вылет стрелы крана,  $l_B = 15$  м.

1. Определим границу отлета панели при обрыве двух строп с одной стороны в соответствии с рис. 2.13 и формулой (2.3):

$$L_{OT} = 2\sqrt{10 \left[ 43(1 - \cos 45^\circ) + 3,0 \right]} = 13,1 \text{ м,}$$

где  $\alpha = 45^\circ$ , угол между вертикалью и стропой, рассчитанный по характеристикам стропы и панели.

2. Тогда радиус опасной зоны работы крана относительно оси вращения его платформы будет

$$R_o = l_0 + l_B + L_{OT} = 1,8 + 15 + 13,1 = 29,9 \text{ м.}$$

При эксплуатации грузоподъемных кранов зоной постоянно действующих опасных производственных факторов является участок передвижения крана, то есть зона подкранового пути. Ее ограждают согласно ГОСТ 23407–78 «Ограждения инвентарные строительных площадок и участков производства строительного-монтажных работ. Технические условия» постоянными ограждениями, снимаемыми или открываемыми только на время ремонта, наладки или смазки. Такие ограждения могут быть металлическими или сетчатыми. Ограждения зон постоянно действующих опасных производственных факторов в целях безопасности часто блокируют с устройствами электрической или механической связи.

## 2.4. Опасные зоны и травмирующие факторы при работе машинно-тракторных агрегатов

Несчастный случай как результат сложившейся опасной или аварийной ситуации обуславливается рядом факторов и причин. Особенно это характерно при выполнении работ в сельском хозяйстве машинно-тракторными агрегатами. Влияние различных факторов, которые определяют причины несчастного случая, рассмотрим во взаимосвязи *человек – машина – среда* (ЧМС).

Управляет машинно-тракторным агрегатом тракторист (оператор), а на некоторых агрегатах кроме тракториста работают машинисты (два оператора).

Под термином «машина» в данном случае будем понимать машинно-тракторные агрегаты, которые очень разнообразны по своему назначению и видам выполняемых работ. Агрегаты могут состоять из различных типов тракторов, сельскохозяйственных машин, видов сцепок.

Понятие «среда» при выполнении работ на машинно-тракторных агрегатах в сельском хозяйстве имеет широкий смысл: учитываются условия производственного участка (поле, дорога и др.), которые характеризуются влажностью и типом почвы, ее растительным покровом, размерами и др. Имеют значение организация работ на участке и наличие людей, время и сроки проведения работ и много других объективных факторов. В данном случае под «средой» надо понимать рабоче-производственный фон.

Факторы каждого элемента системы человек – машина – среда характеризуются рядом признаков, которые выявлены и определены на основании изучения несчастных случаев с тяжелым и смертельным исходом, происшедших на машинно-тракторных агрегатах.

На основании теоретических предпосылок и анализа травматических и аварийных ситуаций на машинно-тракторных агрегатах определено восемь опасных зон (рис. 2.14, табл. 2.6).

Приведенный в табл. 2.6 анализ травматизма показывает более опасные зоны МТА и зоны с меньшим количеством несчастных случаев. Однако в каждой из восьми зон возможно травмирование.

Зоны опасности характеризуются направлением движения машинно-тракторных агрегатов, обозреваемостью. В зависимости от этих

характеристик направление движения определено тремя признаками: прямолинейное, на повороте и частный случай – агрегат не движется. Кроме этого, опасные зоны характеризуются как обозреваемые, периодически обозреваемые и необозреваемые (в зависимости от территориально-производственных условий и МТА).

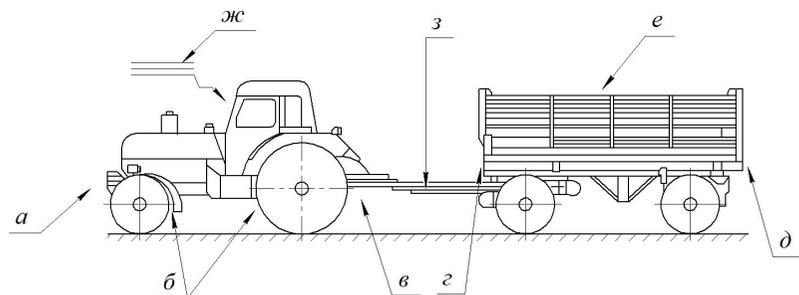


Рис. 2.14. Опасные зоны машинно-тракторного агрегата:

а – опасная зона 1; б – опасная зона 2; в – опасная зона 3; г – опасная зона 4; д – опасная зона 5; е – опасная зона 6; жс – опасная зона 7; з – опасная зона 8

Таблица 2.6

Характеристика опасных зон и травмирующих факторов при работе машинно-тракторных агрегатов (МТА)

Основные ситуации образования опасных зон	Причины травматизма	Наиболее проявляющиеся травмирующие факторы
<b>Опасная зона 1</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>при движении МТА вперед передней поверхностью трактора;</li> <li>нахождение людей постоянно, периодически или случайно перед МТА;</li> <li>имеет различную конфигурацию в зависимости от направления движения (прямолинейно или на повороте)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>неосторожность при переходе на пути движения МТА человеком;</li> <li>несогласованность действий тракториста и человека, обслуживающего работу МТА вне агрегата;</li> <li>наличие невидимой зоны впереди МТА;</li> <li>неисправность органов управления</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>придавливание («защемление») человека;</li> <li>наезд на человека;</li> <li>в этой зоне происходит 9,9 % несчастных случаев</li> </ul>

Основные ситуации образования опасных зон	Причины травматизма	Наиболее проявляющиеся травмирующие факторы
<b>Опасная зона 2</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>при движении трактора вперед, назад или боковой поверхностью агрегата;</li> <li>при запуске или повороте агрегата на местах;</li> <li>форма зоны зависит от направления движения МТА: прямолинейно, на повороте в движении или на месте</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>неисправность пускового устройства, обеспечивающего запуск из кабины трактора;</li> <li>неисправность блокирующего устройства;</li> <li>случайное нахождение людей при повороте на месте агрегата или неосторожные действия</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>наезд на человека;</li> <li>в этой зоне происходит 14,4 % несчастных случаев</li> </ul>
<b>Опасная зона 3</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>при движении МТА задним ходом задней поверхностью трактора;</li> <li>при сцепке трактора с агрегатом, когда там находится человек;</li> <li>форма зоны зависит от направления движения, обозревается не постоянно, а периодически</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>отсутствие автоматической сцепки;</li> <li>несогласованность тракториста и сцепщика;</li> <li>неисправность органов управления;</li> <li>соскальзывание ноги тракториста с педали муфты сцепления</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>«защемление» человека между трактором и прицепляемым агрегатом;</li> <li>наезд на человека;</li> <li>в этой зоне происходит 12,4 % несчастных случаев</li> </ul>
<b>Опасная зона 4</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>образуется передней поверхностью прицепа агрегата;</li> <li>нахождение людей в зоне может быть постоянным (при сцепке) и случайным;</li> <li>форма зоны зависит от направления движения МТА, обозревается не постоянно, а периодически (в зависимости от вида работ)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>отсутствие автоматической сцепки;</li> <li>несогласованность перед началом движения МТА тракториста и рабочего, обслуживающего МТА;</li> <li>неисправность органов управления трактора</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>наезд на человека;</li> <li>нанесение удара вращающимися узлами агрегата;</li> <li>падение с МТА;</li> <li>в этой зоне происходит 6,2 % несчастных случаев</li> </ul>

Основные ситуации образования опасных зон	Причины травматизма	Наиболее проявляющиеся травмирующие факторы
<b>Опасная зона 5</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• образуется задней поверхностью МТА при движении его задним ходом;</li> <li>• характеризуется как зона с постоянным или случайным нахождением людей;</li> <li>• зона периодически обзревается, но не по всей величине</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• несогласованность перед началом движения МТА тракториста и рабочего, обслуживающего МТА;</li> <li>• плохая обзорность;</li> <li>• невнимательность, случайное появление людей в зоне;</li> <li>• неисправность органов управления трактором</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• придавливание («защемление») человека;</li> <li>• наезд на человека;</li> <li>• нанесение удара вращающимися узлами агрегата;</li> <li>• в этой зоне происходит 3,3 % несчастных случаев</li> </ul>
<b>Опасная зона 6</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• обусловлена нахождением людей на верхней поверхности МТА и в кабине;</li> <li>• возможное опрокидывание верхней поверхности МТА;</li> <li>• зона характеризуется постоянным нахождением в ней людей</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• опрокидывание МТА в кюветы, каналы, овраги и т. д.;</li> <li>• превышение скорости на повороте;</li> <li>• трогание с места МТА с находящимися людьми в прицепе сельскохозяйственной машины</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• возможное «защемление» человека между верхней поверхностью агрегата и землей;</li> <li>• падение человека с высоты;</li> <li>• наезд на человека;</li> <li>• в этой зоне происходит 25 % несчастных случаев</li> </ul>
<b>Опасная зона 7</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• образуется всей поверхностью МТА при соприкосновении его с проводом линии электропередачи (ЛЭП);</li> <li>• ситуация не постоянна, а возникает в результате нарушения техники безопасности в зоне ЛЭП при выполнении работ на МТА</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• провисание провода ЛЭП;</li> <li>• оборванный провод ЛЭП;</li> <li>• работа в опасной зоне ЛЭП</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• поражение электрическим током;</li> <li>• в этой зоне происходит 4 % несчастных случаев</li> </ul>

Основные ситуации образования опасных зон	Причины травматизма	Наиболее проявляющиеся травмирующие факторы
<b>Опасная зона 8</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• включает в себя опасные факторы отдельных узлов МТА, которые могут проявить себя как при движущемся, так и при неподвижном агрегате</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• отсутствие ограждений; предохранительных устройств на вращающихся узлах;</li> <li>• развевающаяся одежда, отсутствие упоров под поднятым кузовом</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• «наматывание» частей тела человека;</li> <li>• придавливание («защемление») человека;</li> <li>• нанесение удара вращающимися узлами агрегата;</li> <li>• в этой зоне происходит 3,3 % несчастных случаев</li> </ul>

Комплектование МТА позволяет некоторые зоны исключать. Так, если взять один трактор, без сельскохозяйственной машины, то опасных зон 4 и 5 не будет. Следовательно, наличие опасных зон определяет в некоторой степени и травмоопасность агрегата. В зависимости от разнообразия и сложности агрегатов, наличия у них опасных зон определено восемь наиболее проявляющихся опасных факторов: карданные передачи, поднятый кузов прицепа, транспортеры, ножи и другие режущие и колющие детали (особенно в опасной зоне 8); три других травмирующих фактора проявляют себя в остальных опасных зонах. Сюда относится поверхность МТА, ограничивающая опасную зону (например, в опасной зоне 1 – передняя поверхность трактора); две поверхности, когда возможно «защемление» человека между ними (операция сцепки вручную); поверхность земли при падении человека с высоты агрегата. Остальная незначительная часть травмирующих факторов отнесена к группе «прочие».

В зависимости от сложившейся травматической ситуации в опасной зоне МТА и от травмирующего фактора определены следующие виды травмирования: «наматывание» (в большинстве случаев бывает при травмировании карданным валом); «защемление», придавливание человека (возможно при сцепке трактора с сельскохозяйственной машиной, при опускании кузова прицепа); наезд на человека (в опасных зонах 1–5); нанесение удара (вращающимися узлами агрегата и т. п.); падение с машинно-тракторного агрегата (особенно с тракторных прицепов); поражение электрическим током, когда агрегат в сложившейся ситуации находится под напряжением.

## 2.5. Определение безопасных расстояний для опасных зон машинно-тракторных агрегатов

При выполнении работ на машинно-тракторных агрегатах и разнообразии территориально-производственных условий существуют множественные связи между агрегатом и условиями работы, определяющие безопасность производственного процесса. Так как МТА понятие широкое, то лучше рассматривать их через опасные зоны (рис. 2.15). Это дает возможность определять факторы территориально-производственных условий и технико-эксплуатационных показателей, сказывающихся на травмоопасности в той или иной опасной зоне. Так, размер и конфигурация (признаки территориально-производственных условий) будут сказываться на форме опасной зоны 1, что вызвано частыми поворотами и разворотами МТА, растительность определяет видимость, количество людей – степень возможности попадания их в опасную зону.

Размер и форма агрегата (признаки технико-эксплуатационных показателей) определяют величину и конфигурацию опасной зоны 1. Величина также зависит от скорости и тормозных свойств МТА.

Схема дает возможность найти взаимосвязи для любой из восьми опасных зон. Ею можно пользоваться для разработки организационных и технических мероприятий по снижению травмо- и аварийноопасности в конкретных условиях работ МТА, а также для определения величины зон травматических и аварийных ситуаций и параметров их определяющих.

На основании данных, характеризующих технико-эксплуатационные показатели машинно-тракторных агрегатов, и соответствующих расчетов составлена номограмма (рис. 2.16) для практического определения безопасных расстояний. Определяется безопасное расстояние при переходе человеком опасной зоны от центра поворота  $l_b = CP$  и при движении человека к центру  $l_n = AD$ . Например, при ширине агрегата 6 м (линия опасности  $AC = 6$  м), скорости движения агрегата 2 м/с, человека – 1 м/с и радиусе поворота 9 м безопасное расстояние при переходе опасной зоны от центра поворота агрегата будет равно 6,75 м, а при переходе к центру поворота – 18,75 м.

На основании аналогичных рассуждений и расчетов построена номограмма для определения безопасного расстояния при движении

агрегата прямолинейно (рис. 2.17), когда человек выходит из середины опасной зоны. Так, если скорость агрегата 3 м/с, а ширина агрегата 6 м, то безопасное расстояние составит 8 м.



Рис. 2.15. Взаимосвязь опасных зон, технико-эксплуатационных показателей машинно-тракторного агрегата и территориально-производственных условий

Рассмотрим возможность возникновения травматической ситуации в опасной зоне 3 агрегата при выполнении операции сцепки. Оказавшись между трактором 1 и прицепной машиной 4, сцепщик 2 находится в зоне опасности 3 (рис. 2.18, а).  $AB$  – линия опасности трактора, а  $EF$  – линия опасности прицепной машины. Общая зона опасности  $ABEF$  складывается из зоны  $ABDC$  (может произойти только наезд трактора) и из зоны  $CDFE$  (может произойти «защемление»

сцепщика между трактором и прицепной машиной). В случае создавшейся травматической ситуации сцепщик должен выйти из зоны опасности за линию  $AE$  – линию безопасности.

Рассмотрим, как будет изменяться травматическая опасность с изменением направления подъезда трактора к прицепной машине. Угол  $\alpha$  – угол подъезда – примем таким, при котором зона «защемления»

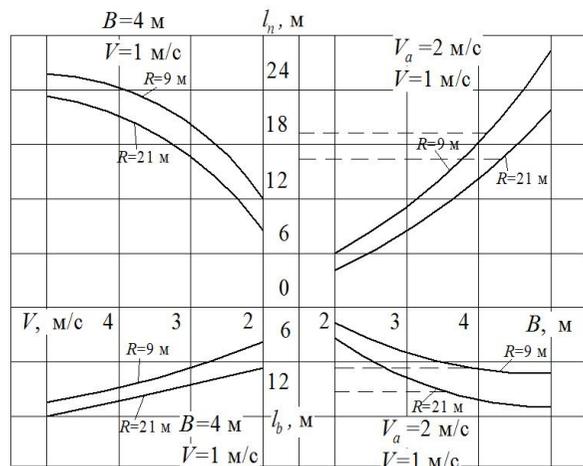


Рис. 2.16. Номограмма для определения безопасных расстояний при любых параметрах машинно-тракторного агрегата при движении на повороте

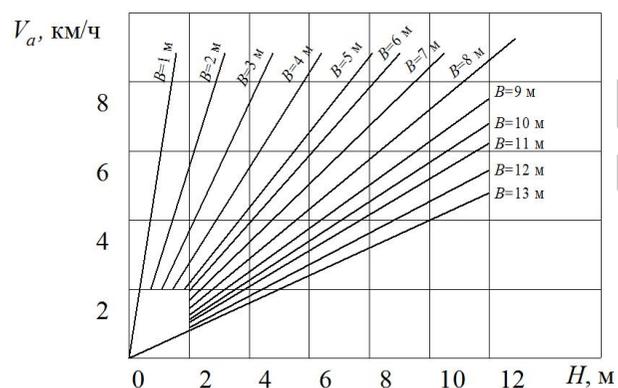


Рис. 2.17. Номограмма для определения безопасных расстояний при прямолинейном движении агрегата

вообще не будет существовать (рис. 2.18, б). Зона «защемления» ликвидируется, когда ось трактора пересечется в точке  $F'$  линии опасности прицепной машины. При таком способе подъезда линия опасности  $EF$  и зона «защемления»  $CDEF$  вообще отсутствуют. Сектор выхода из опасной зоны увеличивается на угол  $\alpha$  и зависит от ширины прицепной машины.

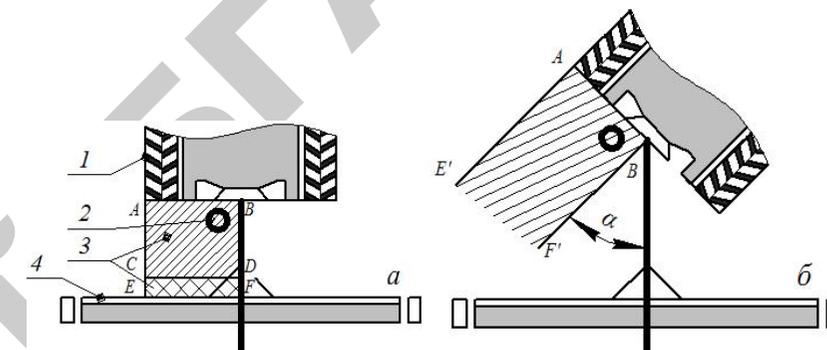


Рис. 2.18. Схема расположения трактора, сцепщика и прицепной машины: 1 – трактор; 2 – сцепщик; 3 – опасная зона; 4 – прицепная машина;  $\alpha$  – угол подъезда;  $AB$  – линия опасности трактора;  $FE$  – линия опасности прицепной машины;  $CDEF$  – зона «защемления»

Увеличение сектора выхода сцепщика из опасной зоны, ликвидация опасности «защемления» значительно уменьшают травматическую ситуацию.

Опасная зона 2, как было сказано выше, образуется движителем трактора (вперед или назад), а также боковой поверхностью агрегата. Опасная зона боковой поверхностью на примере пахотного агрегата, состоящего из трактора «Беларус-1221» и плуга ПП 4-40, создается при возникновении необходимости поворота агрегата на месте, в условиях ограниченного пространства: в ангарах, на машинных дворах. Возможны также ситуации и в производственно-полевых условиях.

Важно знать не только образование элементов опасной зоны, место их расположения, но и их размер и скорость (интенсивность), что определяется кинематикой поворота агрегата.

Расчеты показывают, что при максимальном угле складывания полурам трактора «Беларус-1221» в агрегате с плугом ПП 4-40 размер опасной зоны 2 при повороте в одну сторону составляет  $7,92 \text{ м}^2$ , а при повороте только одного трактора –  $1,27 \text{ м}^2$ .

## 2.6. Защитные устройства от механического травмирования и их классификация

Современное сельскохозяйственное производство характеризуется широким использованием машин и механизмов, значительно улучшающих и облегчающих условия труда человека.

Вместе с тем эксплуатация машин и механизмов сопряжена с определенной опасностью для рабочих, обслуживающих эти машины и участвующих в производственном процессе. Для защиты работающих от опасностей механического травмирования применяют следующие способы:

- недоступность для человека опасных объектов;
- применение устройств, защищающих человека от опасного объекта;
- применение средств индивидуальной защиты.

Существует много способов обеспечения безопасности при работе машин, механизмов, инструмента. Тип работы, размер или форма обрабатываемого материала, метод обработки, расположение рабочего участка, производственные требования и ограничения помогают определить подходящий для данного оборудования и инструмента способ защиты в виде защитных устройств.

Под **защитными устройствами** понимаются устройства, исключающие утомление, травмирование и вредное воздействие оборудования на организм человека. Они являются специальными дополнениями к основному оборудованию и служат для обеспечения безопасности его эксплуатации и защиты обслуживающего персонала. Необходимость защитных устройств связана с возникновением, так называемых опасных зон, то есть пространств, в которых постоянно действуют или периодически возникают ситуации, опасные для жизни и здоровья обслуживающего персонала. При конструировании оборудования и проектировании технологического процесса должны быть выявлены опасные зоны и приняты меры к их исключению или применению защитных устройств, исключающих возможность попадания человека в опасные места.

Защитные устройства должны удовлетворять следующим минимальным общим требованиям:

1. *Предотвращать контакт.* Защитные устройства должны предотвращать контакт рук или других частей тела человека или его

одежды с опасными движущимися частями машины, не позволять человеку-оператору машины или другому рабочему приблизить руки и другие части тела к опасным движущимся частям.

2. *Обеспечивать безопасность.* Рабочие не должны иметь возможность снять или как-то обойти защитные устройства. Защитные устройства и устройства безопасности должны быть изготовлены из прочных материалов, выдерживающих условия нормальной эксплуатации. Их следует надежно прикреплять к машине.

3. *Закрывать от падающих предметов.* Защитные устройства должны обеспечить такое положение, при котором ни один предмет не мог бы попасть в движущие части машины и вывести ее тем самым из строя или срикошетить от них и нанести кому-нибудь травму.

4. *Не создавать новых опасностей.* Защитные устройства не выполняют своего предназначения, если они сами создают хоть какую-нибудь опасность (режущую кромку, заусенец или шероховатость поверхности). Края защитных устройств, например, должны быть так загнуты или закреплены, чтобы не было острых кромок.

5. *Не создавать помех.* Защитные устройства, которые мешают выполнять работу, рабочие могут снять или игнорировать их.

К защитным устройствам от механического травмирования в соответствии с ГОСТ 12.4.125–83 «Система стандартов безопасности труда. Средства коллективной защиты от воздействия механических факторов. Классификация» относятся: оградительные, предохранительные (блокировочные и ограничительные) и тормозные устройства; устройства автоматического контроля и сигнализации; устройства дистанционного управления; цвета сигнальные, знаки безопасности и разметка сигнальная.

1. *Оградительные устройства* – устройства защиты, устанавливаемые между опасными производственными факторами и работающими. Их применяют для изоляции систем привода машин и агрегатов, зоны обработки заготовок на станках, прессах, штампах, оголенных токоведущих частей, зон интенсивных излучений (тепловых, электромагнитных, ионизирующих). Ограждают также рабочие зоны, расположенные на высоте (леса).

2. *Предохранительные устройства* – устройства, предназначенные для ликвидации опасных производственных факторов в источнике его возникновения. По характеру действия они подразделяются на блокировочные и ограничительные.

2.1. *Блокировочные устройства* – устройства, срабатывающие при ошибочных действиях работающих и предупреждающие возникновение опасных производственных факторов при нарушениях или экстремальных отклонениях параметров безопасности технологических процессов и действующего оборудования. Блокировочные устройства либо приостанавливают процесс или работу оборудования, не допуская возникновения опасных производственных факторов, либо нормализуют параметры оборудования при их отклонениях выше установленных пределов.

2.2. *Ограничительные устройства* – устройства, срабатывающие при нарушении параметров технологического процесса или режима работы производственного оборудования. В случае работы на больших скоростях передвижения они сочетаются с тормозными устройствами. В качестве ограничительных устройств от перегрузки машин и станков в конструкцию машины вводят слабое звено. Эти устройства представляют собой детали и узлы машины, которые разрушаются (не срабатывают) при перегрузках.

3. *Тормозные устройства* – устройства, предназначенные для замедления или остановки производственного оборудования при возникновении опасных производственных факторов. Тормоза используют силу трения, возникающую между вращающимися и не вращающимися элементами и в течение короткого времени должны преобразовать в тепловую энергию значительное количество механической энергии и передать ее в окружающую среду без снижения работоспособности как устройства, так и машины в целом.

4. *Устройства автоматического контроля и сигнализации* – устройства, предназначенные для контроля передачи и воспроизведения информации (цветовой, звуковой, световой и т. д.) с целью привлечения внимания работающих и принятия ими решения при появлении или возможном возникновении опасных производственных факторов. Применение устройств автоматического контроля и сигнализации – важнейшее условие безопасности и надежной работы оборудования.

5. *Устройства дистанционного управления* – устройства, предназначенные для управления технологическим процессом или производственным оборудованием за пределами опасной зоны. Параметры режимов работы в этих случаях контролируются дистанционно с помощью датчиков контроля, сигналы от которых

поступают на пульт управления агрегатом или роботизированным комплексом.

6. *Цвета сигнальные, знаки безопасности и разметка сигнальная* регламентируются ГОСТ 12.4.026–2001 «Система стандартов безопасности труда. Цвета сигнальные, знаки безопасности и разметка сигнальная. Назначение и правила применения. Общие технические требования и характеристики. Методы испытаний» и устанавливаются в целях предотвращения несчастных случаев, снижения травматизма и профессиональных заболеваний, устранения опасности для жизни, вреда для здоровья людей. Но они не заменяют необходимых мероприятий по безопасности труда и средств защиты работающих.

И, наконец, для того, чтобы избежать механических травм, необходимо руководствоваться следующими правилами обеспечения безопасности:

- при работе с режущими и колющими инструментами их режущие кромки должны быть направлены в сторону, противоположную телу работающего, чтобы избежать травмы при срыве инструмента с обрабатываемой поверхности;

- пальцы рук, удерживающие обрабатываемый предмет, должны находиться на безопасном удалении от режущих кромок, а сам предмет должен быть надежно закреплен в тисках или каком-либо другом защитном приспособлении;

- на рабочем месте режущие и колющие предметы должны располагаться на видном месте, а само рабочее место должно быть освобождено от посторонних и ненужных предметов и инструментов, о которые можно зацепиться и споткнуться;

- положение тела работающего должно быть устойчивым, нельзя находиться на неустойчивом и колеблющемся основании;

- при работе с инструментом, имеющим электрический или какой-либо другой механический привод (электродрели, электропилы, электрорубанки), нужно быть особенно осторожными и строго соблюдать требования техники безопасности, т. к. механизированный инструмент является источником тяжелейших травм из-за его высокой скорости, для которой быстрота реакции человека недостаточна, чтобы в момент аварии вовремя отключить привод;

- рабочий должен быть одет так, чтобы исключить попадание частей одежды под режущую кромку или на движущие части инструмента

(особенно важно, чтобы рукава одежды были застегнутыми), так как в противном случае рука может быть затянута под режущий инструмент;

– механизированный инструмент включают только после того, как подготовлено рабочее место, обрабатываемая поверхность, а человек занял устойчивое положение, после завершения операции обработки инструмент должен быть отключен;

– при обработке хрупких материалов образуется факел частиц, вылетающих с высокой скоростью из-под режущего инструмента. Частицы, обладающие большой кинетической энергией, могут нанести травму, особенно опасно повреждение глаз. Поэтому, если на инструменте отсутствуют специальные защитные экраны, лицо человека должно быть защищено маской, глаза – очками, рабочая одежда должна быть изготовлена из плотного материала;

– при обработке вязкого материала образуется стружка (особенно опасна металлическая), она наворачивается на вращающийся инструмент, а затем под действием центробежной силы может отлететь и нанести травму. Поэтому образующуюся ленточную стружку нужно своевременно удалять с инструмента, предварительно остановив его.

Ручной инструмент может быть снабжен дополнительными приспособлениями для повышения безопасности его использования.

### Контрольные вопросы и задания

1. Назовите основные источники механического травмирования.
2. Приведите примеры травмоопасных факторов, возникающих при выполнении различных технологических операций.
3. Назовите основные травмоопасные элементы на вращающихся частях механизмов и наиболее распространенные точки захвата между ними.
4. Какие основные опасности возникают при возвратно-поступательном и продольном движениях узлов машин и механизмов?
5. Назовите основные травмоопасные факторы, возникающие при эксплуатации грузоподъемных машин и устройств.
6. Что называется опасной зоной, и какие открытые вращающиеся или перемещающиеся детали машин или обрабатываемые изделия могут создавать опасную зону?

7. Приведите классификацию основных видов опасных зон на машинах и механизмах.

8. Чем отличаются постоянные опасные зоны от непрерывно меняющихся (переменных)?

9. Как определить границы опасных зон при работах, выполняемых на высоте, а также при перемещении грузов подъемными кранами?

10. Как определить опасные зоны и травмирующие факторы при работе машинно-тракторных агрегатов (МТА)?

11. Какова взаимосвязь опасных зон, технико-эксплуатационных показателей машинно-тракторного агрегата и территориально-производственных условий?

12. В чем заключается графический способ определения безопасных расстояний при любых параметрах машинно-тракторного агрегата и его различных движениях?

13. Опишите способы обеспечения безопасности при работе машин, механизмов, инструмента.

14. Приведите классификацию защитных устройств в соответствии с требованиями ГОСТ 12.4.125–83.

15. Каково основное назначение оградительных устройств и где они устанавливаются?

16. Каким образом подразделяются предохранительные устройства по характеру их действия?

17. В чем заключается основное предназначение тормозных устройств при возникновении опасных производственных факторов?

18. Для чего предназначены устройства автоматического контроля и сигнализации, а также устройства дистанционного управления?

19. С какой целью устанавливаются цвета сигнальные, знаки безопасности и разметка сигнальная?

### 3. ОГРАДИТЕЛЬНЫЕ ЗАЩИТНЫЕ УСТРОЙСТВА

#### 3.1. Общие положения и классификация оградительных устройств

При эксплуатации технических систем (машин, механизмов, оборудования и др.) надлежит предусмотреть устройства, исключаящие возможность случайного проникновения человека в опасную зону. Оградительные (защитные) устройства и выполняют эту функцию. Они предназначены для изоляции опасных зон, то есть для предупреждения случайного проникновения человека в опасную зону – к движущимся или вращающимся деталям и передаточным устройствам, приспособлениям и инструментам машин, механизмов и станков, неизолированным токоведущим частям, движущимся стреловым кранам, кран-балкам, мостовым или козловым кранам, перемещающим поднятые грузы. Этот вид устройств получил широкое распространение во многих отраслях народного хозяйства, благодаря простоте устройства и надежности, многообразию конструктивных форм и назначения.

Кроме того, оградительные устройства (ограждения) служат для предотвращения поражения обслуживающего персонала отлетающими частями режущих инструментов, обрабатываемых заготовок, стружки, искр, брызг расплавленного металла, охлаждающей жидкости, а также для защиты от попадания в открытые смотровые колодцы, емкости, от падения с высоты.

**По видам опасных зон** оградительные устройства различают:

- общие оградительные устройства агрегатов и машин;
- оградительные устройства выступающих передач, механизмов, клиноремненных, цепных и зубчатых передач;

- оградительные устройства выступающих концов валов, шнеков, муфт, крупногабаритных барабанов, подвижных элементов различных агрегатов и машин, маховиков и шкивов, конвейеров;
- оградительные устройства передач привода и их элементов опасных рабочих органов, расположенных в корпусе машины;
- оградительные устройства жала валов.

Конструктивные решения оградительных устройств весьма разнообразны. Они зависят от вида оборудования, расположения человека в рабочей зоне, специфики опасных и вредных факторов, сопровождающих технологический процесс.

**По конструктивному исполнению** оградительные устройства могут быть выполнены в виде кожуха, дверцы, щита, планки, козырька и экрана.

**Кожухом** является оградительное устройство объемной формы, закрывающее опасный механизм с нескольких сторон.

**Дверца** – оградительное устройство плоскостной или объемной формы, расположенное в вертикальной, горизонтальной или наклонной плоскостях и закрывающее отверстие для доступа к опасным механизмам в корпусе машины или другом оградительном устройстве.

**Щит** – стационарное или съемное оградительное устройство плоскостной формы, расположенное в вертикальной плоскости, закрывающее либо отверстие в корпусе машины или другом ограждении, либо опасную зону с одной стороны.

**Планка** представляет собой стационарное оградительное устройство с сечением треугольной или другой формы, закрывающее жало (зона, образуемая двумя вращающимися валами, плотно соприкасающимися по образующей валов или опасный зазор).

**Козырек** – небольшой навес в форме срезанного полукруга над каким-либо прибором, приспособлением и т. п.

**Экран** – устройство (плоскость, оболочка), размеры и форма которого определяются экранным объектом и препятствующее попаданию работающего в опасную зону.

**По способу изготовления** оградительные устройства могут быть *сплошными без отверстий* и иметь смотровые окна, закрытые допускаемым к применению прозрачным материалом, или иметь отверстия, несущие функциональную нагрузку (для смазки, вентиляции и т. д.), а также *не сплошными* (перфорированными, сетчатыми, решетчатыми). Они могут быть стационарными или передвижными,

закрепленными на корпусе машины или другом оградительном устройстве с помощью болтов (винтов) и требующими для установки и снятия применения инструмента, установленными на корпусе машины или другом оградительном устройстве, закрывающем или открывающем опасную зону без применения специального инструмента.

**По способу установки и особенностям эксплуатации** оградительные защитные устройства подразделяются на стационарные (несъемные), подвижные (съемные), полуподвижные и переносные.

**Стационарные несъемные** устройства устанавливаются на границе опасной зоны постоянно или периодически действующего опасного производственного фактора – работающих агрегатов, машин, механизмов, компьютеров. Стационарные устройства (с полным или частичным ограждением) выполняются так, что пропускают руки рабочего из-за небольших размеров соответствующего технологического проема. Такое ограждение обычно демонтируется лишь при смене режущего инструмента, смазке, контрольных измерениях, профилактическом ремонте. Примерами полного стационарного ограждения служат ограждения распределительных устройств электрооборудования, кожуха галтовочных барабанов, корпуса электродвигателей, насосов; частичного – ограждения фрез или рабочей зоны станка (рис. 3.1).

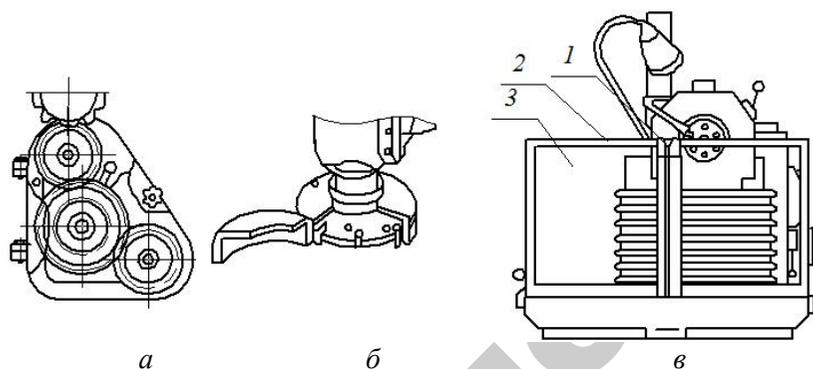


Рис. 3.1. Конструкции стационарных ограждений станков:

*а* – полное ограждение; *б* – частичное ограждение режущего инструмента; *в* – частичное ограждение зоны резания; *1* – поворотная ось экрана; *2* – рамка; *3* – прозрачный экран

Любое стационарное ограждение является постоянной частью данной машины и не зависит от движущихся частей, выполняя свою функцию. Оно может быть выполнено из листового металла, проволочной сетки, реек, пластмассовых и других материалов, достаточно прочных для того, чтобы выдерживать любой возможный удар и иметь долгий срок службы. Стационарные ограждения обычно предпочтительнее всех других типов ограждений, поскольку они проще и прочнее.

**Подвижные съемные устройства** представляют собой устройства, заблокированные с рабочими органами механизма или машины, вследствие чего закрывается доступ в рабочую зону только при наступлении опасного момента. В остальное время эта зона открыта. Наиболее широко эти устройства распространены в станкостроении (например, в станках с числовым программным управлением ОФЗ-36), а также их используют для ограждения перемещающихся опасных производственных факторов.

Подвижные оградительные устройства имеют ручной или механический привод.

Оградительные устройства ручного действия применяют обычно на механизмах индивидуального обслуживания, а механический привод – на крупных агрегатах и оборудовании при перемещении тяжелых ограждений.

**Полуподвижные** оградительные устройства одной стороной жестко крепятся к неподвижной части агрегата, конструкции механизма, сооружения. Другая часть остается подвижной. При перемещении подвижной части происходит либо поворот оградительного устройства, либо складывание в гармошку, либо сокращение площади ограждения. Полуподвижные оградительные устройства применяют для ограждения перемещающихся опасных зон, а также опасных зон временных производственных факторов.

**Переносные ограждения** являются временными. Их используют при ремонтных и наладочных работах для защиты от случайных прикосновений к токоведущим частям, а также от механических травм и ожогов. Кроме того, их применяют на постоянных рабочих местах сварщиков для защиты окружающих от воздействия электрической дуги и ультрафиолетовых излучений (сварочные посты). Выполняются они чаще всего в виде щитов высотой 1,7 м.

### 3.2. Виды оградительных защитных устройств и приспособлений

Для ограждения передач привода (клиноременных, цепных, зубчатых) используются сплошные, сетчатые, перфорированные кожухи, выполненные в виде шкафа с дверцами, снабженные блокировочным устройством или запором под специальный ключ. Такие оградительные устройства обеспечивают эффективную изоляцию передач, особенно в тех случаях, когда по техническим причинам невозможно их полное укрытие. Доступ к опасным узлам (сушильные камеры, элементы привода, опасные рабочие органы, расположенные в корпусе машины) осуществляется через дверцы, заблокированные с приводом машины.

Оградительные устройства выступающих элементов вращающихся частей машин (концы валов, маховики, шкивы, стопорные болты) могут быть выполнены стационарными и реже в виде открывающихся кожухов.

Оградительные устройства жала валов и смежных конвейеров, чаще выполнены в виде стационарной или передвижной планки с круглым, треугольным или другим сечением, которая, не закрывая зону прохождения продукта, одновременно исключает возможность проникновения в опасную зону машины. При необходимости наблюдения за технологическим процессом оградительные устройства выполняются из прозрачного материала (оргстекло, триплекс, специальное стекло). Такие ограждения применяются на оборудовании, где необходимо наблюдать за технологическим процессом обработки и одновременно защищать лицо и глаза от мелких отлетающих частиц, воды, масел и т. д.

Ограждения отдельных передач и конвейеров, выполненные в виде стационарного сплошного или не сплошного кожуха закрывают передачу со всех сторон. Зазор между оградительным устройством и передачей должен выбираться с учетом требований ГОСТ 12.2.062–81 «Система стандартов безопасности труда. Оборудование производственное. Ограждения защитные».

Шнеки, как травмоопасное производственное оборудование, закрываются со всех сторон стационарным сплошным кожухом. Дверцы (щиты) кожухов шнеков выполняются стационарными или

откидными, запираются специальным ключом и имеют блокировку. Загрузочные воронки выполняются так, чтобы через них невозможно было проникнуть к опасному органу.

Ограждения муфт выполняются в виде стационарного сплошного (сетчатого, перфорированного, решетчатого) кожуха, если габариты двигателя и редуктора различаются, ограждение должно быть оснащено боковыми стенками.

Ограждения крупногабаритных узлов и барабанов (диаметром более 400 мм) при необходимости частого их обслуживания в межремонтный период выполняются в виде откидных или раздвижных дверей и оснащаются ребрами жесткости, а для облегчения открывания и закрывания – пружинами или противовесами.

Ограждения, имеющие большую массу, оснащаются контргрузами, специальными рычагами и другими приспособлениями, снижающими усилие, затрачиваемое на их открывание и закрывание.

Рассмотрим основные стационарные несъемные и подвижные съемные устройства.

На рис. 3.2 показано стационарное внутреннее ограждение, которое защищает ленту и шкив энерготрансмиссионного узла. Специальная смотровая панель уменьшает необходимость снятия защитных ограждений.

Стационарные несъемные ограждения периодически демонтируются для осуществления вспомогательных операций (смены рабочего инструмента, смазывания) (рис. 3.3).

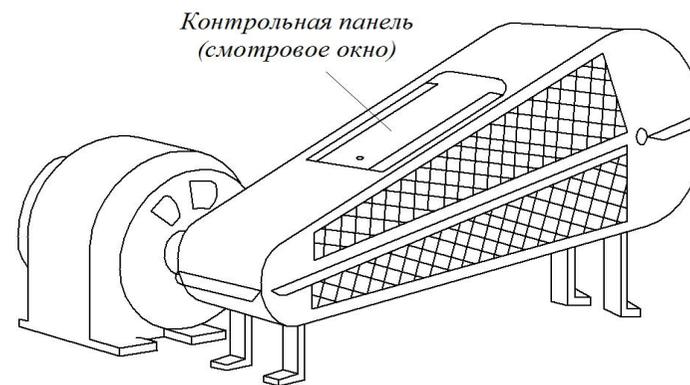


Рис. 3.2. Защитное устройство на ленточной пиле

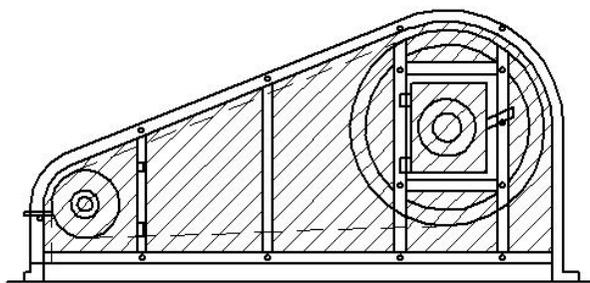


Рис. 3.3. Общий вид оградительного стационарного устройства

*Подвижные съемные устройства* – составная часть машины, специально предназначенная для обеспечения защиты с помощью физического барьера. В зависимости от конструкции защитные устройства могут называться кожухом, защитным экраном, оградой, дверцей, оболочкой.

Съемные защитные устройства могут функционировать:

- самостоятельно (действуют только в закрытом состоянии);
- совместно с блокировочным устройством с фиксацией и без фиксации закрывания (защита обеспечивается в каждом положении защитного ограждения).

Примером съемных защитных устройств является оболочка, которая препятствует доступу в опасную зону (рис. 3.4).

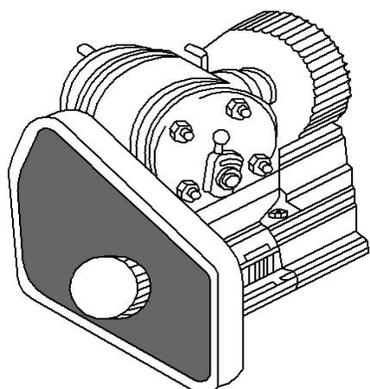


Рис. 3.4. Оболочка, которая препятствует доступу к передаче

*Съемное дистанционное защитное устройство* – защитное устройство, не полностью закрывающее доступ в опасную зону, однако вследствие своих габаритных размеров и расстояния от опасной зоны препятствующее доступу или ограничивающее его, например защитное ограждение типа ограды или туннельной формы (рис. 3.5 и 3.6).

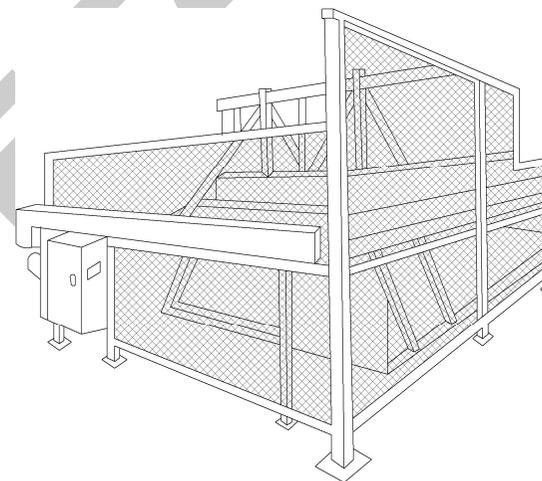


Рис. 3.5. Съемное дистанционное устройство типа ограды

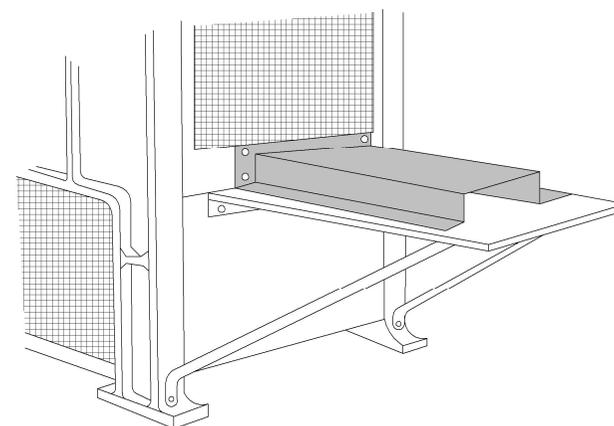


Рис. 3.6. Съемное дистанционное защитное устройство туннельной формы, которое обеспечивает защиту выдвигающихся частей машины

Автоматически запирающееся съемное защитное устройство – перемещаемое съемное защитное устройство, приводимое в движение узлом машины (например, подвижным столом станка) или посредством заготовки, или деталью зажимного приспособления машины для пропуска заготовки и зажимного приспособления, которое автоматически возвращается в свое закрытое положение (с помощью силы тяжести, пружины или другого внешнего источника силы) после пропуска заготовки (рис. 3.7).

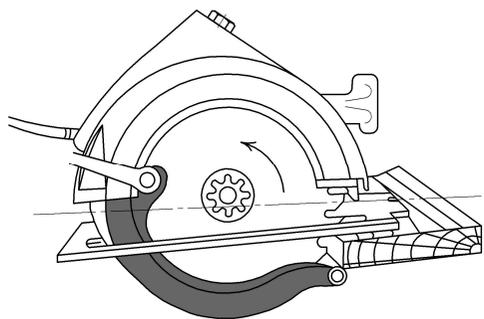


Рис. 3.7. Автоматически запирающееся съемное защитное устройство

На рис. 3.8 приведено подвижное оградительное устройство для прессы. При опускании пуансона 1 оградительная решетка 2 с некоторым опережением перекрывает опасную зону А.

Иногда может возникнуть необходимость в комбинации различных видов защитных устройств. Если совместно с неподвижным съемным устройством применяется механическое загрузочное устройство для подачи заготовки на машину (в результате чего отпадает необходимость доступа в опасную зону), то для защиты от вторичной опасности может потребоваться защитное устройство с реакцией на приближение, работающее путем втягивания или отсекаания между механическим загрузочным устройством и неподвижным защитным устройством (рис. 3.9).

Примером комбинации различных видов оградительных защитных устройств является также работа дисковой пилы (рис. 3.10).

Верхняя часть диска пилы помещена в стационарный кожух, нижняя – в подвижное ограждение. По мере углубления полотна в материал нижнее подвижное ограждение убирается под воздействием

заготовки и открывает пильный диск. Когда полотно выходит из материала, подпружиненное ограждение возвращается и закрывается диск. Перед использованием дисковой пилы необходимо убедиться, что поворотное ограждение работает должным образом.

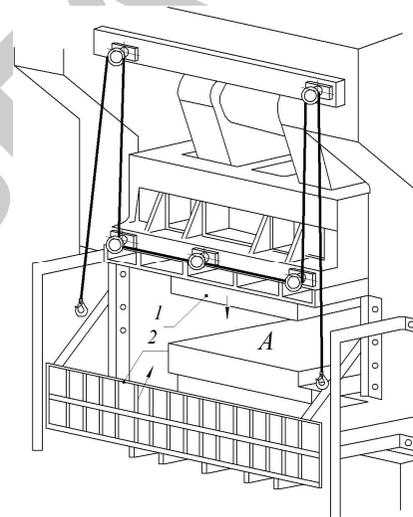


Рис. 3.8. Подвижное оградительное устройство для прессы:  
1 – пуансон; 2 – оградительное устройство

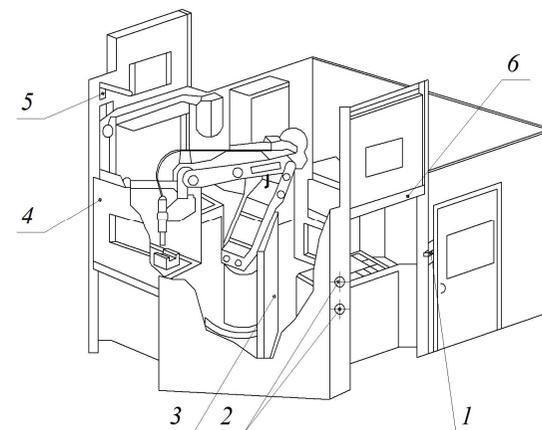


Рис. 3.9. Комбинация различных видов защитных устройств:  
1 – ключи; 2 – устройство двуручного включения; 3 – экран между позициями;  
4 – съемное защитное устройство с блокировкой; 5 – предохранительный палец;  
6 – коммутационная планка

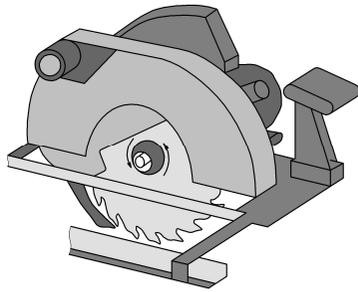


Рис. 3.10. Различные виды защитных устройств при работе дисковой пилы

Мощная дисковая пила производит много древесной пыли и опилок. Это делает пол в мастерской скользким, пачкает одежду, а взвешенная в воздухе пыль неприятна и вредна для здоровья. Пилы с патрубком для пылеудаления на верхней направляющей отбрасывают опилки в сторону (рис. 3.11). Можно также использовать пылесборный мешок, надетый на патрубок, или подсоединить к нему шланг от пылесоса.

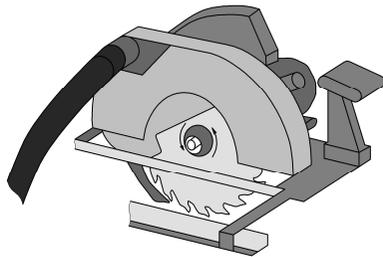


Рис. 3.11. Дисковая пила с патрубком для пылеудаления

Кроме оградительных защитных устройств используются *различные приспособления безопасности*, которые не защищают человека от опасности, связанной с данной машиной, но они могут обеспечить операторам дополнительную надежность. К ним можно отнести держатели и прихваты, а также рейки и планки для проталкивания материала.

*Держатели и прихваты.* Подобный инструмент используется для размещения и удаления обрабатываемого материала. Типичным способом его применения может быть случай, когда оператору нужно

дотянуться и поправить заготовку в опасной зоне прессы. На рис. 3.12 показан ассортимент инструмента для этих целей. Этот инструмент не следует использовать вместо других защитных приспособлений машины, его следует считать просто дополнением к той защите, которую обеспечивают другие защитные приспособления.

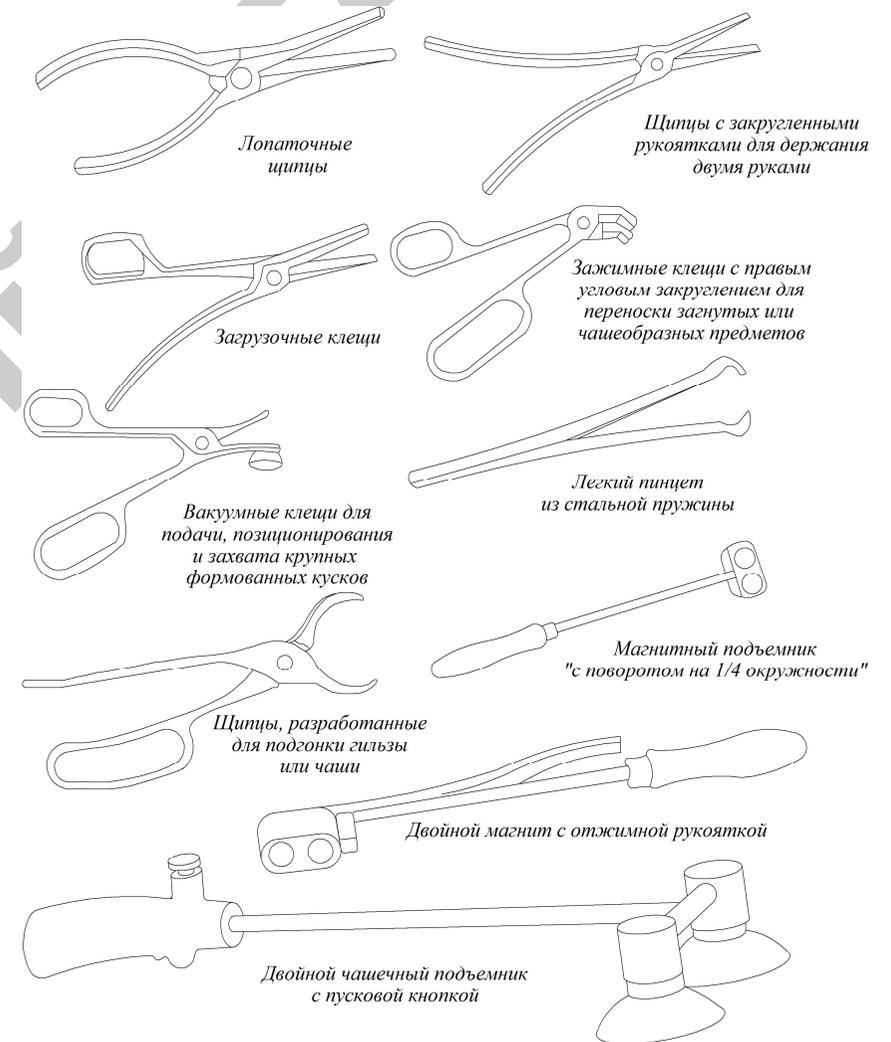


Рис. 3.12. Ассортимент держателей и прихватов

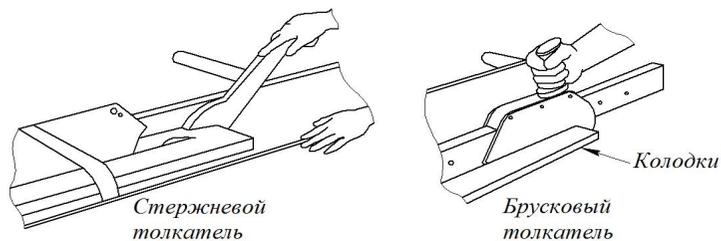


Рис. 3.13. Использование толкателей (стержневых или брусковых)

Рейки и планки для проталкивания материала, которые показаны на рис. 3.13 могут использоваться при подаче материала в машину, например механическую пилу. Когда становится необходимым участие рук в непосредственной близости к полотну пилы, рейка или планка может обеспечить дополнительную безопасность и предотвратить травму.

### 3.3. Выбор материалов и расчет оградительных устройств

Оградительные устройства представляют собой физическую преграду между человеком и опасным или вредным производственным фактором. Они должны исключать:

- возможность соприкосновения работника с движущимися частями машины;
- выпадение или вылет обрабатываемых деталей (материалов), а также частей рабочих органов при их поломках;
- попадание в рабочих частичек обрабатываемого материала;
- возможность травмирования при установке и смене рабочих органов или инструментов.

Оградительные устройства чаще всего изготавливают в виде сплошных жестких щитов и кожухов из листовой стали толщиной не менее 0,8 мм, либо листового алюминия толщиной не менее 2 мм, либо из прочной пластмассы толщиной не менее 4 мм. При необходимости осмотра ограждаемых механизмов или деталей оборудования ограждения снабжают смотровыми окнами из безопасного стекла толщиной не менее 4 мм. С этой же целью, а также для снижения

массы конструкции ограждения выполняют с отверстиями. Они могут представлять собой решетки или сетки. Решетчатые и сетчатые ограждения необходимо располагать не ближе 50 мм от движущихся частей. Обычно размер ячеек сетки не превышает 10×10 мм.

В зависимости от назначения и условий работы ограждения изготавливают из различных материалов. Они могут одновременно выполнять роль паро-, газо- и пылеприемников, исключать воздействие тепловых и электромагнитных излучений на работающих, а в отдельных случаях, снижать шум и т. п. Такие ограждения называют комбинированными. Например, ограждение заточного круга, кроме защиты человека от отлетающих частиц (в том числе и частей самого круга при его разрушении), выполняет функцию пылеприемника.

Оградительные устройства на движущиеся части оборудования выполняются из сплошного материала, а также в виде решеток или сеток. Размер ячеек в сетчатом ограждении или ширина щели между элементами решетки может быть определена из следующего выражения:

$$b = 0,1l + 5 \text{ мм}, \quad (3.1)$$

где  $b$  – ширина щели или ячейки, мм;

$l \leq 500$  мм – расстояние от ограждения до опасной зоны.

Если сетчатые ограждения выполнены в виде отверстий круглого сечения, то они должны удовлетворять следующим условиям:

$$\text{при } x > 60, d \leq 0,1x; \quad (3.2)$$

$$\text{при } x \leq 60, d \leq 6,$$

где  $x$  – расстояние от частей оборудования, представляющих опасность для работающих, до ограждения, мм;

$d$  – диаметр отверстия, мм.

В ограждениях с отверстиями в виде многоугольников вписанные в них окружности должны удовлетворять тем же условиям, а любые диагонали многоугольников не должны превышать удвоенного диаметра окружности.

Материалом для защитных ограждений (экранов) могут быть оргстекло, сталь, сплавы алюминия, механические свойства которых приведены в табл. 3.1.

Таблица 3.1

Материалы защитных экранов и их механические характеристики

Материал	Модуль продольной упругости $E$ , МПа	Допускаемое напряжение на изгиб $[\sigma]$ , МПа	Коэффициент Пуассона $\mu$
Оргстекло «СОЛ»	$2,7 \cdot 10^3$	120	0,3
Оргстекло «СТ-1»	$2,9 \cdot 10^3$	140	0,3
Оргстекло «2-55»	$3,5 \cdot 10^3$	140	0,3
Сталь	$(2,0-2,1) \cdot 10^5$	140-230	0,24-0,28
Сплавы алюминия	$(7,0-7,2) \cdot 10^4$	46-75	0,32

Выбор материала и толщина экрана зависят от величины динамических нагрузок, действующих на экран. На экран может ударно воздействовать элементная стружка, а также режущий инструмент при его вылете вследствие плохого крепления или разрушения, на испытательных стендах – испытуемые образцы, узлы, элементы стенда. Экран может разрушиться вследствие возникающих изгибных деформаций либо может быть «прошит» насквозь стружкой или подобным ей элементом.

Определение толщины сплошного экрана  $h$  при изгибном воздействии на него ведется для наиболее опасного случая – удар в центр экрана. При этом прочность экрана должна соответствовать условию

$$[\sigma] > \sigma_{\text{экр}}, \quad (3.3)$$

где  $[\sigma]$  – допускаемое напряжение на изгиб материала экрана, МПа;  
 $\sigma_{\text{экр}}$  – действующее эквивалентное напряжение на изгиб материала экрана, МПа;

$$\sigma_{\text{экр}} = \sigma_x - \sigma_y, \quad (3.4)$$

где  $\sigma_x$  – напряжение на изгиб в направлении по длине экрана, МПа;

$$\sigma_x = \frac{E}{1-\mu^2} (\varepsilon_x + \mu\varepsilon_y), \quad (3.5)$$

$\sigma_y$  – напряжение на изгиб в направлении по высоте экрана, МПа;

$$\sigma_y = \frac{E}{1-\mu^2} (\varepsilon_y + \mu\varepsilon_x), \quad (3.6)$$

где  $\mu$  и  $E$  – соответственно коэффициент Пуассона и модуль продольной упругости материала экрана, МПа (табл. 3.1);

$\varepsilon_x$  и  $\varepsilon_y$  – относительные деформации по осям  $x$  и  $y$ , рассчитываемые по формулам:

$$\varepsilon_x = \frac{2\delta_x F \cos \frac{2\pi x}{a} \left(1 - \cos \frac{2\pi y}{b}\right)}{\pi^2 D a b^3 \left(\frac{3}{a^4} + \frac{2}{a^2 b^2} + \frac{3}{b^4}\right)}, \quad (3.7)$$

$$\varepsilon_y = \frac{2\delta_y F \cos \frac{2\pi y}{a} \left(1 - \cos \frac{2\pi x}{b}\right)}{\pi^2 D a^3 b \left(\frac{3}{a^4} + \frac{2}{a^2 b^2} + \frac{3}{b^4}\right)},$$

где  $\sigma_x$ ,  $\sigma_y$  – статические деформации по осям  $x$  и  $y$  от  $F_{\text{ст}}$ , М;

$F$  – динамическое воздействие на экран, Н;  $F = 2F_{\text{ст}}$ ;

$F_{\text{ст}}$  – значение статического воздействия на экран, Н, определяемое по формуле:

$$F_{\text{ст}} = \frac{mv}{t}, \quad (3.8)$$

где  $m$  – максимальная масса элемента, вылет которого возможен, кг;

$v$  – скорость элемента в момент удара, м/с;

$t = l/v$  – время соударения элемента с экраном, с;

$l$  – расстояние от элемента до экрана в начальный момент, м;

$a$ ,  $b$  – соответственно высота и длина экрана, м, определяются размерами опасной зоны с учетом конструкции ограждаемого оборудования;

$D$  – параметр, определяемый по формуле:

$$D = \frac{E\sigma_{ст}^2}{12(1-\mu^2)}, \quad (3.9)$$

где  $\sigma_{ст}$  – статическая деформация от силы  $F_{ст}$ , м.

Применительно к имеющимся конструкциям ограждений типа защитных козырьков или щитков (рис. 3.14) может быть использована следующая методика проверочного расчета на прочность. Из условия прочности должно выполняться условие:

$$\sigma_{дин} < [\sigma], \quad (3.10)$$

где  $\sigma_{дин}$  – напряжение при динамической нагрузке, МПа;

$[\sigma]$  – допускаемое напряжение на изгиб материала экрана, МПа (табл. 3.1):

$$\sigma_{дин} = \sigma_{ст}k_{дин}, \quad (3.11)$$

где  $\sigma_{ст}$  – напряжение при статической нагрузке, МПа;

$k_{дин}$  – динамический коэффициент.

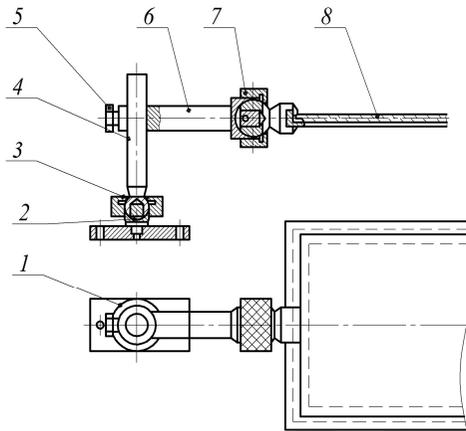


Рис. 3.14. Ограждение типа защитного козырька (щитка):

1 – фланец; 2 – подшипник; 3 – пята шаровая; 4 – стойка; 5 – винт;  
6 – кронштейн; 7 – шаровой шарнир; 8 – рамка

Динамический коэффициент подсчитывается по формуле:

$$k_{дин} = 1 + \sqrt{\frac{v^2}{g\delta_{ст}\left(1 + \frac{kM}{m}\right)}}, \quad (3.12)$$

где  $g$  – ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>;

$\delta_{ст}$  – статическая деформация от силы  $mg$ , м;

$k$  – коэффициент приведения; в первом приближении значение его может быть принято  $k = 1/3$ ;

$M$  – масса ограждения, кг;

$m$  – масса ударяющего тела, кг.

Значение статической деформации с учетом многообразия способов крепления защитного козырька определяют экспериментально путем нагружения передней его кромки силой  $mg$  (в точке, делящей ширину щитка пополам). Возможно нагружение единичной либо любой другой силой тяжести  $F_{нагр}$ . Полученное в этом случае значение статической деформации корректируется пропорционально отношению  $mg/F_{нагр}$ .

Для исключения «прошивания» защитного экрана должно выполняться условие:

$$v < v_0, \quad (3.13)$$

где  $v$  – скорость элемента в момент удара, м/с (в первом приближении принимается равной максимальной скорости элемента либо окружной скорости вращения объекта или максимальной скорости резания),  $v = 16,7$  м/с;

$v_0$  – минимальная скорость, с которой элемент массой  $m$  «прошивает» экран:

$$v_0 = \xi d \sqrt{h \left(\frac{h}{m}\right)^n}, \quad (3.14)$$

где  $\xi$  – коэффициент, значение которого принимается для пластиков равным  $1,1 \cdot 10^6$ , для металлов –  $1,23 \cdot 10^7$ ;

$d$  и  $m$  – размер и масса вылетающей стружки (определяются в каждом конкретном случае с учетом обрабатываемого материала,

параметров резания, типа режущего инструмента и условий его заточки, наличия и типа стружколомателя);

$h$  – толщина экрана;

$n$  – показатель степени, учитывающий толщину экрана (обычно  $n = 2$ ).

Варьируя значения  $h$  по формуле (3.14), определяют значение  $v_0$  и производят его сравнение со значением фактической скорости соударения  $v$ . В качестве расчетного принимается наименьшее значение толщины экрана, при котором выполняется условие ( $v < v_0$ ). По рассмотренной методике может быть проведен также расчет толщины ограждений типа щитов и экранов-кожухов.

Сетчатые оградительные устройства применяются только при отсутствии вероятности динамических воздействий на защитный экран. Расстояния от опасного элемента оборудования до ограждения установлены ГОСТ 12.2.062–81 (табл. 3.2).

Таблица 3.2

Расстояния от опасного элемента оборудования до ограждения

Наибольший диаметр окружности, вписанной в отверстие решетки (сетки), мм	до 8	свыше 8 до 10	свыше 10 до 25	свыше 25 до 40
Безопасное расстояние, мм, не менее	15	15–35	35–120	120–200

### 3.4. Оценка выполнения требований безопасности к оградительным устройствам

Движущиеся части оборудования, например, ременные, цепные, зубчатые передачи, расположенные вне корпуса станков и представляющие опасность травмирования, должны иметь оградительные устройства (сплошные, с жалюзи, с отверстиями), обладающие достаточной прочностью и оснащенные при необходимости устройствами (рукоятками, фиксаторами, скобами и т. п.) для удобного и безопасного их открывания или снятия, перемещения и установки.

Допускается не ограждать движущиеся части оборудования, расположенные на высоте более 2400 мм, в труднодоступных местах и не представляющие опасности, например вращающиеся со скоростью менее 50 мин<sup>-1</sup> гладкие валы, или ограждение которых невозможно из-за их функционального назначения.

Движущиеся части оборудования, расположенные на высоте ниже 2400 мм от уровня пола или площадки обслуживания, являющиеся потенциальными источниками опасности, например при их разрушении, должны быть ограждены.

Ниже приведены основные требования и разъяснения по их толкованию.

1. Конструкция ограждения должна соответствовать функциональному назначению и конструктивному исполнению оборудования, на котором оно будет установлено, а также условиям, в которых оборудование будет эксплуатироваться.

Требование выполнено, если максимально используются наиболее эффективные сплошные ограждения (общий кожух, сетка, оболочка).

Доступ к опасным узлам и механизмам в сплошных ограждениях осуществляется через отверстия, закрываемые дверцами, щитами и кожухами, снабженными специальными запорами под ключ или блокировочными устройствами.

2. Форма, размеры, прочность и жесткость защитного ограждения, его расположение относительно ограждаемых частей производственного оборудования должны исключать воздействие на работающие ограждаемые части и возможных выбросов.

Требование можно считать выполненным, если ограждение изготовлено в соответствии с расчетами жесткости и прочности или с учетом следующих технических условий:

- целесообразная расстановка опор и выбор оптимального количества точек крепления, места изгиба и торцевые участки ограждений должны иметь не менее двух точек крепления;
- усиление ограждения ребрами жесткости;
- штампование на поверхностях ограждения рельефов жесткости и укрепление кромок отверстий;
- придание ограждениям выпуклой, сводчатой, округлой, скорлупчатой формы;
- использование жесткости смежных деталей, узлов, корпусов, рам, станины;
- соответствие выбранного материала величине и характеру нагрузки, а также габаритным размерам ограждения;
- простота форм, отсутствие резких переходов в сечении ограждения, отсутствие неравнопрочных участков;
- отсутствие точечных усилий (в точках крепления или др. местах).

3. Конструкция защитного ограждения должна исключать возможность самопроизвольного перемещения из положения, обеспечивающего защиту работающего.

Требование считается выполненным, если точки крепления (болты, винты, шарнирные петли, запоры) расположены по всему контуру ограждения для исключения смещения его в любом направлении, возникающего за счет неплотностей крепления, в открытом и закрытом положениях надежно фиксируется, причем петля и запор считаются одной точкой крепления.

4. Ограждение должно составлять органическое целое с производственным оборудованием и соответствовать требованиям технической эстетики.

Требование можно считать выполненным, если ограждение составляет органическое целое с оборудованием, обладает там, где это необходимо достаточной герметичностью. Если герметичность не обязательна, то возможно исполнение ограждения перфорированным, сетчатым, решетчатым с учетом требований технической эстетики.

5. Конструкция и крепление ограждения должны исключать возможность случайного соприкосновения работающего и ограждения с ограждаемыми элементами.

Требование считается выполненным, если ограждение полностью закрывает опасную зону, а размеры пазов, зазоров в ограждениях выполнены так чтобы не было возможности доступа в опасную зону при чистке, заправке сырья смазке узлов на работающем оборудовании (табл. 3.3).

Таблица 3.3

Рекомендуемые размеры пазов, зазоров в ограждениях

Безопасные расстояния, мм	15		120		200		850	
Щель, прямоугольный паз, мм	4	8	8	20	20	30	30	135
Квадратные (круглые) отверстия, ячейки сетки, мм	4	8	8	25	25	40	40	250

Ограждения, препятствующие доступу к элементам оборудования, требующим особого внимания (при наладке, чистке), должны иметь блокировку, обеспечивающую работу оборудования только при защитном положении ограждения.

6. Ограждения, которые необходимо вручную открывать, снимать, перемещать или устанавливать несколько раз в течение одной смены, должны иметь соответствующие устройства (ручки, скобы).

Требование выполнено, если имеются ручки, у которых отсутствуют острые грани, применена наиболее рациональная форма сечения – овал, расстояние от плоскости ограждения до внутренней поверхности ручки не менее 35 мм.

7. Высоту ограждения выбирают в зависимости от высоты расположения опасного элемента и расстояния между ограждением и опасным элементом.

Требование выполнено, если пределы досягаемости рук работающего определены по ГОСТ 12.2.049–80 «Система стандартов безопасности труда. Оборудование производственное. Общие эргономические требования» (см. рис 3.15 и табл. 3.4).

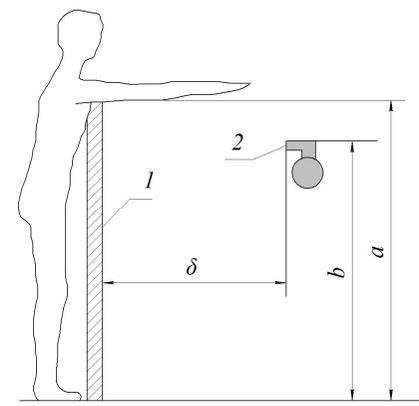


Рис. 3.15. Пределы досягаемости рук работающего:

1 – ограждение; 2 – опасный элемент

8. К ограждениям, периодически открываемым во время работы, предъявляются следующие требования:

- не снижать производительность труда и качество обработки;
- не ухудшать условий наблюдения за работой;
- быть достаточно прочным;
- обеспечивать удобство обращения;
- обеспечивать условия наибольшей безопасности (отражать как можно больше опасностей и вредностей).

Таблица 3.4

Высота ограждения в зависимости от расположения опасного элемента

Высота расположения опасного элемента $b$ , мм	Высота защитного ограждения $a$ , мм							
	2400	2200	2000	1800	1600	1400	1200	1000 и более
	Расстояние от опасного элемента до ограждения $\delta$ , мм							
2600	100	100	100	100	100	100	100	100
2400	–	100	100	150	150	200	200	200
2200	–	250	350	400	500	500	600	600
2000	–	–	350	500	600	700	900	1100
1800	–	–	–	600	900	900	1000	1100
1600	–	–	–	500	900	900	1000	1300
1400	–	–	–	100	800	900	1000	1300
1200	–	–	–	–	500	900	1000	1400
1000	–	–	–	–	300	900	1000	1400
800	–	–	–	–	–	600	900	1300
600	–	–	–	–	–	–	500	1200
400	–	–	–	–	–	–	300	1200
200	–	–	–	–	–	–	200	1100

Наилучшие условия наблюдения за работой имеют место, когда ограждение выполнено из прочного материала, не теряющего прозрачности под воздействием, например, стружки и смазочно-охлаждающих жидкостей, а его конструкция позволяет осуществлять освещение места работы, минуя ограждение.

### Контрольные вопросы и задания

1. Как подразделяются оградительные защитные устройства по видам опасных зон?
2. Назовите основные виды оградительных защитных устройств по конструктивному исполнению.
3. Каким образом могут быть выполнены оградительные защитные устройства по способу установки и особенностям эксплуатации?
4. Что представляют собой подвижные съемные защитные устройства и где они наиболее широко распространены?

5. Основные конструктивные особенности полуподвижных и переносных оградительных устройств.

6. Приведите примеры использования стационарных несъемных ограждений при эксплуатации технических систем.

7. Приведите примеры комбинации различных видов оградительных защитных устройств при работе дисковой пилы.

8. Какие приспособления безопасности (кроме оградительных защитных устройств) используются при эксплуатации технических систем?

9. Назовите основные виды держателей и прихватов, используемых для размещения и удаления обрабатываемого материала.

10. Какие материалы применяются для изготовления защитных ограждений (экранов) и как определить толщину сплошного экрана при изгибном воздействии на него?

11. Опишите методику проверочного расчета на прочность применительно к имеющимся конструкциям ограждений типа защитных козырьков или щитков.

12. Какие движущиеся части оборудования (ременные, цепные и зубчатые передачи) допускается не ограждать?

13. Какие требования по форме, размерам, прочности и жесткости предъявляются к защитным ограждениям, чтобы исключить воздействие на работающего ограждаемых частей и возможных выбросов?

14. За счет чего конструкция защитного ограждения исключает возможность самопроизвольного перемещения из положения, обеспечивающего защиту работающего?

15. В каких случаях конструкция и крепление ограждения исключают возможность случайного соприкосновения работающего и ограждения с ограждаемыми элементами?

16. Как определяется высота ограждения в зависимости от высоты расположения опасного элемента и расстояния между ограждением и опасным элементом?

17. Какие требования предъявляются к ограждениям, периодически открываемым во время работы?

## 4. ОГРАЖДЕНИЯ И ЗАЩИТНЫЕ УСТРОЙСТВА МЕТАЛЛООБРАБАТЫВАЮЩИХ СТАНКОВ

### 4.1. Классификация и конструктивные особенности металлообрабатывающих станков

*Металлообрабатывающим станком* называется техническая система, предназначенная для обработки заготовок в соответствии с рабочим чертежом в целях получения с требуемой точностью детали заданной формы и размеров путем снятия стружки или путем пластической деформации. Снятие стружки на станках осуществляется рабочими (или основными) движениями, к которым относится главное движение и движение подачи. Движение, которое определяет скорость резания, называется *главным движением*, а движение, по скорости которого определяется величина подачи, называется *движением подачи*.

Главное движение может быть *вращательным* (в токарных, сверлильных, фрезерных и других станках) и *возвратно-поступательным* (в строгальных, долбежных, протяжных и других станках). Главное движение сообщается или инструменту (например, во фрезерных, сверлильных, поперечно-строгальных станках), или заготовке (в токарных, продольно-строгальных станках). Движение подачи имеет или инструмент – в токарных, сверлильных и продольно-строгальных станках, или заготовка – в шлифовальных, фрезерных и поперечно-строгальных станках.

Помимо рабочих движений, в каждом станке имеются *вспомогательные движения*. К ним относятся движения транспортирования и закрепления заготовки, подвода и отвода инструмента, включения, выключения, переключения скоростей и подач и т. д. Если рабочие движения обычно автоматизированы, то вспомогательные движения можно осуществлять как автоматически, так и вручную.

Обработка заготовок производится преимущественно путем резания лезвийным или абразивным инструментом. Станки применяются также для выглаживания поверхности детали, для обкатывания поверхности роликами. Metalлообрабатывающие станки осуществляют резание неметаллических материалов, например дерева, текстолита, капрона и других пластических масс. Специальные станки обрабатывают также керамику, стекло и другие материалы.

Металлообрабатывающие станки классифицируют по различным признакам в зависимости от вида обработки, применяемого режущего инструмента и компоновки.

В зависимости от *вида обработки* все серийно выпускаемые станки делятся на девять групп:

- 1) токарные;
- 2) сверлильные и расточные;
- 3) шлифовальные, полировальные, доводочные и заточные;
- 4) специальные;
- 5) зубо- и резьбообрабатывающие;
- 6) фрезерные;
- 7) строгальные, долбежные, протяжные;
- 8) разрезные;
- 9) разные.

В свою очередь, станки каждой группы подразделяются на девять типов. Например, станки второй группы (сверлильные и расточные) делятся на следующие типы: 1) вертикально-сверлильные; 2) одношпиндельные полуавтоматы; 3) многошпиндельные полуавтоматы; 4) координатно-расточные; 5) радиально-сверлильные; 6) горизонтально-расточные; 7) алмазно-расточные; 8) горизонтально-сверлильные; 9) разные сверлильные. Станки одного и того же типа могут отличаться компоновкой (например, фрезерные универсальные, горизонтальные, вертикальные); кинематикой, то есть совокупностью звеньев, передающих движение; конструкцией; системой управления; размерами; точностью обработки и др.

Конструкция станка каждого типоразмера, спроектированная для заданных условий обработки, называется *моделью*. Каждой модели присваивается свой *шифр* – номер, состоящий из нескольких цифр и букв. *Первая* цифра обозначает номер группы по классификационной таблице, *вторая* цифра указывает тип станка. *Третья*, а иногда и *четвертая* цифры характеризуют основные параметры станка,

различные для станков разных групп. Так для токарных станков – наибольший диаметр обрабатываемой заготовки, для фрезерных станков – это типоразмер стола, для поперечно-строгальных и долбежных – максимальный ход ползуна и т. д. Буква, если она находится между цифрами, указывает на модернизацию базовой модели станка. Буква после цифр обозначает модификацию или класс точности станка.

Например, станок 2A135. Цифра 2 означает, что станок относится ко второй группе – сверлильный; A – модернизированный; цифра 1 указывает на принадлежность станка к первому типу – вертикально-сверлильный; последние две цифры означают максимальный диаметр сверления – 35 мм.

По *степени специализации* различают станки:

– универсальные, которые используют для изготовления деталей широкой номенклатуры с большой разницей в размерах. Такие станки приспособлены для различных технологических операций;

– специализированные, которые предназначены для изготовления однотипных деталей, например корпусных деталей, ступенчатых валов сходных по форме, но различных по размеру;

– специальные, применяемые для обработки заготовок одного типоразмера.

Специализированные и специальные станки используют в крупносерийном и массовом производстве, а универсальные, как правило, в единичном и мелкосерийном.

Модели специализированных и специальных станков обозначают одной или двумя буквами, к которым добавляют также цифры, называющие порядковый номер модели станка. Например, шифром E3-9 обозначен специализированный станок для нарезания зубчатых реек.

По *степени точности* металлообрабатывающие станки разделены на пять классов:

– нормальной точности (класс H);

– повышенной точности (класс П) – изготавливаемые на базе станков нормальной точности, но при повышенных требованиях к точности изготовления ответственных деталей станка и качеству сборки и регулировки;

– высокой точности (класс В) – достигаемой за счет специальной конструкции отдельных узлов, высоких требований к точности изготовления деталей, к качеству сборки и регулировки узлов и станка в целом;

– особо высокой точности (класс А) при их изготовлении предъявляются еще более жесткие требования, чем при изготовлении станков класса В.

– особо точные станки или мастер-станки (класс С) – предназначенные для изготовления деталей, определяющих точность станков классов А и В.

Точность станков классов В, А, С достигается за счет особенностей конструкции, высокой точности изготовления и специальных условий сборки и эксплуатации в помещениях с нормальной температурой и влажностью.

По *массе* станки делят на:

– легкие – до 1 т;

– средние – до 10 т;

– тяжелые – свыше 10 т;

– крупные – от 10 до 30 т;

– тяжелые – от 30 до 100 т;

– особо тяжелые – более 100 т.

По *степени автоматизации* станки подразделяются на ручные, полуавтоматы, автоматы, станки с числовым программным управлением (ЧПУ) и гибкие производственные системы.

Металлообрабатывающие станки с ручным управлением все более вытесняются современными автоматическими станками, применение которых позволяет снизить производственный травматизм при обработке металлов резанием, так как при этом исключается контакт рабочего со многими опасными производственными факторами. Автоматические станки и автоматические линии станков применяются в массовом и серийном производстве. За последнее время значительная часть металлообрабатывающих станков обновлена.

В современном серийном производстве все большее применение находят гибкие производственные системы (ГПС). Они состоят из исполнительной и единой управляющей систем. Исполнительная система включает станки, роботы, устройства для транспортирования заготовок деталей и отходов производства, контрольно-измерительные устройства, склады заготовок и готовой продукции. Все элементы исполнительной системы программно управляемы. Единая управляющая система состоит из средств вычислительной техники, которые управляют как отдельными станками, роботами и технологическими установками, так и всем производством в целом.

## 4.2. Технические меры защиты при работе на металлообрабатывающих станках

К металлообрабатывающему оборудованию, которое наиболее часто используется на предприятиях агропромышленного комплекса, относятся станки токарной, фрезерной и сверлильной групп, станки-ножницы для резки металлов, механические прессы для холодной штамповки металлов и др.

Наибольшую опасность при работе на металлообрабатывающих станках представляет отлетающая стружка, поэтому безопасному ее отводу в настоящее время уделяется большое внимание. Из практики работы машиностроительных заводов известны многие способы защиты от стружки. К ним относятся: применение защитных очков; индивидуальных щитков и экранов, устанавливаемых на станке; оборудование режущих инструментов стружколомами, стружкозавивателями и стружкоотводчиками.

Очки, индивидуальные наголовные сетки являются такими средствами защиты, которые не зависят от формы стружки, направления ее полета и конструкции станка. Основным недостатком их заключается в том, что они стесняют рабочего (зону его работы, область наблюдения и пр.), неудобны, требуют времени на установку и самое главное – конструктивно не связаны со станком, что приводит к редкому пользованию ими.

Наиболее приемлемыми средствами защиты от стружки следует считать такие устройства, которые обеспечивают безопасный ее отвод от места обработки. Конструктивно такие устройства могут быть трех видов.

1. Конструирование станков с наклонными или повернутыми на 180° суппортами, при которых обеспечивается отвод стружки к задним стенкам, при этом стружка отводится в противоположную от рабочего сторону.

2. Применение приспособлений, использующих кинетическую энергию стружки для ее отвода. Коробчатое приспособление, установленное на резец, улавливает стружку и, используя ее кинетическую энергию, отводит стружку в безопасную зону. Такие приспособления дополнительно оснащают отсасывающими устройствами,

которые позволяют отводить стружку и пыль за пределы станка и исключают возможность запыления воздуха в цехе.

3. Оснащение оборудования разнообразными по форме и размерам щитками и экранами. Такие ограждения являются препятствием на пути потока стружки к рабочему месту. Отражаясь от экрана, стружка падает в безопасную зону. Как правило, подобное ограждение должно быть конструктивно связано со станком и удовлетворять ряду требований, в частности, максимально изолировать рабочего от опасной зоны, автоматически устанавливаться по размерам обрабатываемых деталей, не ухудшать условий работы (условий наблюдения за процессом, не снижать производительность труда, качества и чистоты обработки и пр.), отличаться простотой и безопасностью при обслуживании, наладке и регулировке, иметь достаточную прочность, сочетаться с системой удаления отходов, быть заблокированным с механизмами пуска и торможения станка.

Наиболее многочисленную группу металлообрабатывающих станков составляют *токарные станки*. Они используются в механических, инструментальных и ремонтных цехах предприятий сельскохозяйственного назначения, а также в ремонтных мастерских.

На станках токарной группы обрабатывают детали типа валов, дисков и втулок. Осуществляется обтачивание наружных цилиндрических поверхностей, торцов и уступов, прорезание канавок (тела вращения), отрезка, растачивание отверстий (цилиндрических, конических и фасонных), обтачивание конических и фасонных поверхностей, сверление, зенкерование, развертывание отверстий, нарезание наружной и внутренней резьбы резцом, нарезание резьбы метчиком и плашкой, вихревое нарезание резьбы, накатывание рифленых поверхностей.

Безопасность работ на токарных станках обуславливается его устройством и различными мероприятиями. Однако и в настоящее время имеют место травмы токарей обычно в легкой, а в отдельных случаях и в тяжелой форме. Причиной несчастных случаев, как правило, является неосторожность и пренебрежение токарей правилами безопасности при работе на токарном станке.

Чаще всего ранения происходят из-за отлетающей стружки. Известно, что при обработке мягких металлов – латуни, бронзы и т. д. – стружка, как говорят, «фонтанирует». Мелкие кусочки стружки отлетают на большое расстояние от места образования. Даже маленькая

стружка может нанести тяжелое увечье, если она попадет в глаз. Еще большую опасность представляют стальные стружки, образующиеся при скоростном резании некоторых сталей. Самая простая защита от мелких отлетающих стружек – это очки (рис. 4.1, а), а еще лучше прозрачная предохранительная маска (рис. 4.1, б), закрывающая не только глаза, но и все лицо токаря.

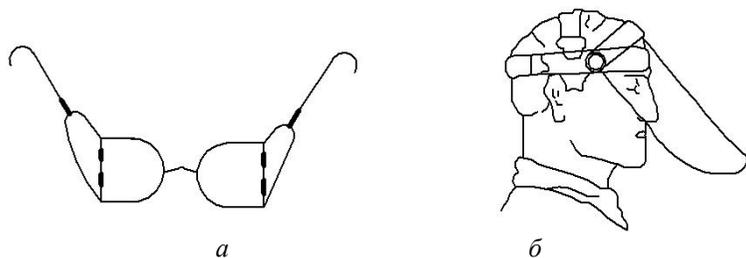


Рис. 4.1. Защитные очки и предохранительная маска

На токарных станках, особенно при обработке деталей из хрупких материалов (чугуна, бронзы, алюминиевых сплавов), образующаяся стружка разламывается, и куски металла отлетают на значительное расстояние. Во избежание ранения лица и глаз рабочего в зоне резания устанавливают защитные щитки из прочного прозрачного материала, например органического стекла (рис. 4.2).

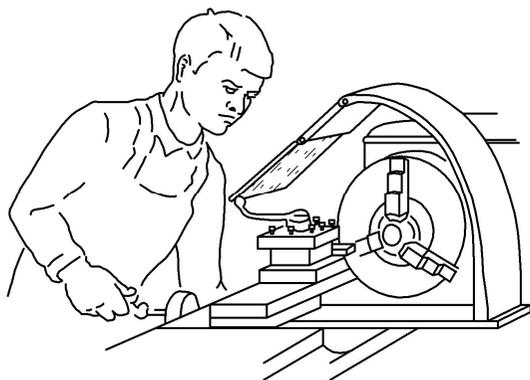


Рис. 4.2. Ограждение в зоне резания токарного станка щитком из органического стекла

Для безопасного труда также рекомендуется пользоваться защитным козырьком (рис. 4.3). Стружка, ударяясь о защитный козырек 1, отлетает вниз. Козырек крепится вместе с резцом двумя болтами 2, предохраняя рабочего от повреждений глаз, рук и лица. Он не мешает работе, легко может быть установлен или снят. Козырек имеет небольшой размер, его легко изготовить из металлических отходов.

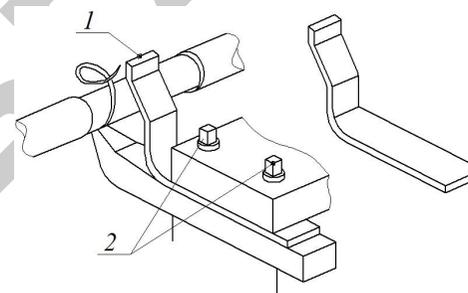


Рис. 4.3. Защитный козырек к токарному станку:  
1 – защитный козырек; 2 – крепежные болты

Для обработки хрупких и пылящих материалов используется резец-пылестружкоприемник (рис. 4.4). Резец 4, который крепится к станине станка при помощи крепежного винта 5, обрабатывает заготовку (деталь) 6. Образующаяся при точении таких материалов стружка и пыль через полый корпус 1 и патрубок 2 попадает в гибкий металлический или резиновый рукав 3 и отводится за пределы токарного станка.

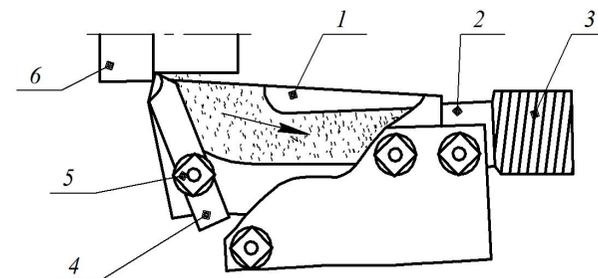


Рис. 4.4. Резец-пылестружкоприемник к токарному станку:  
1 – полый корпус; 2 – патрубок; 3 – резиновый рукав;  
4 – резец; 5 – винт; 6 – заготовка

Во время обработки вязких металлов образуется длинная стружка, которую необходимо удалять из рабочей зоны, так как она может быть причиной тяжелых травм (например, ранения с повреждением сухожилий). Мерой защиты от таких ранений служит применение специальных резцов, обеспечивающих ломку или завивание длинной стружки. Вьющуюся стружку удаляют специальными крючками с защитным экраном у рукоятки. Если почему-либо ограждение в зоне резания не установлено, необходимо работать в защитных очках или маске.

При обработке деталей в центрах и патронах выступающие части хомутика и кулачки патрона нередко захватывают одежду рабочего. Эти же части могут быть причиной повреждения рук при измерении детали и уборке станка на ходу. Для предупреждения несчастных случаев следует устраивать у хомутиков предохранительные щитки или применять безопасные хомутики, а кулачковые патроны ограждать. Совершенный тип безопасного хомутика показан на рис. 4.5. Обод 3 прикрывает не только головку болта 2, но и палец 1 поводкового патрона.

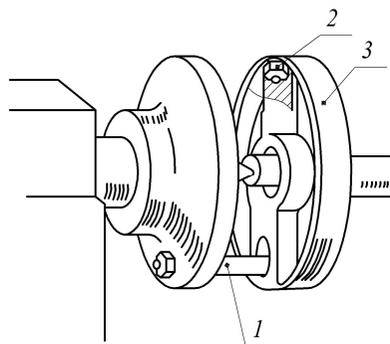


Рис. 4.5. Безопасный хомутик с поводком:  
1 – палец; 2 – болт; 3 – обод

Для защиты рук и одежды токаря от выступающих частей патрона или планшайбы на современных токарных станках применяется специальное ограждение (рис. 4.6). Кожух 1 приспособления шарнирно соединен с пальцем 2, закрепленным на корпусе передней бабки.

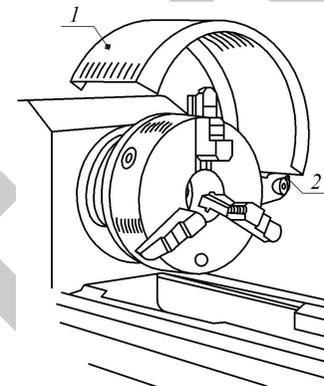


Рис. 4.6. Специальное ограждение кулачкового патрона:  
1 – кожух; 2 – палец

При установке деталей в центрах нужно обращать внимание на правильность центровых отверстий. При недостаточной их глубине деталь во время вращения может сорваться с центров, что очень опасно. Точно так же, закрепив деталь в патроне, надо проверить, вынут ли ключ. Если ключ остался в патроне, то при вращении шпинделя он ударится о станину и отлетит в сторону. В этом случае возможны поломка станка, и нанесение ранения рабочему.

Возможны ранения рук при установке и закреплении резцов в результате срыва ключа с головок крепежных болтов резцедержателя. Срыв ключа происходит при изношенных губках ключа и головках болтов. Часто срыв происходит и оттого, что токарь пользуется ключом, размер которого не соответствует размеру болта.

Установка резца по высоте центров при помощи всякого рода не приспособленных для этого подкладок (металлических обрезков, кусочков ножовок и т. п.) не обеспечивает устойчивого положения резца во время его работы. Под давлением стружки такие подкладки смещаются, и установка резца разлаживается. При этом ослабевает и крепление резца. В результате подкладки и резец могут выскочить из резцедержателя и поранить токаря. Кроме того, во время установки резца и при работе на станке возможны повреждения рук об острые кромки металлических подкладок. Поэтому рекомендуется каждому токарю иметь набор подкладок, различных по толщине, с хорошо обработанными опорными плоскостями и краями.

Нередко рабочий получает увечье непосредственно от обрабатываемой детали, особенно если она имеет выступающие части. И здесь единственная мера защиты – осторожность и плотно облегающая рабочая одежда. Рукава одежды должны плотно охватывать руку рабочего у кисти. Значительное количество несчастных случаев вызывается неосторожным обращением с обрабатываемой деталью при установке ее на станок и при снятии. При работе с охлаждением, если у станка нет специального корыта, охлаждающая жидкость иногда заливает пол у станка. Чтобы не поскользнуться и не упасть на мокром полу, около станка кладут деревянные решетки. В крайнем случае, нужно посыпать пол древесными опилками.

*Вертикально-фрезерные станки* предназначены для выполнения с помощью фрез всех видов фрезерных работ. Фрезерные станки данного типа преимущественно используются для сверления, зенкования и растачивания отверстий, обработки горизонтальных и вертикальных плоскостей, пазов, рамок, углов, зубчатых колес, спиралей, моделей штампов, пресс-форм и других деталей. Фрезерные станки вертикального типа позволяют работать с деталями из стали, чугуна, цветных металлов, их сплавов и других материалов.

При работе на фрезерных станках наибольшую опасность представляет сама фреза, которая при неумелом обращении может захватить одежду или руки работающего и нанести травмы. При скоростном фрезеровании весьма серьезную опасность представляет отлетающая с большой скоростью раскаленная стружка.

Чтобы рабочий не мог прикоснуться к вращающейся фрезе, ее режущие части ограждают удобными в эксплуатации защитными устройствами – цилиндрическими кожухами, кольцами или колпаками. Сборные фрезы снабжаются устройствами, предотвращающими вылет зубьев при вращении фрезы. Качество припайки твердосплавных пластинок к корпусу фрезы обязательно проверяется перед ее установкой. Делается это внешним осмотром, остукиванием, пробной работой на станке.

Исключительно важным условием безопасной работы на фрезерных станках является правильное и прочное крепление фрезы. Неправильно установленная и непрочное закрепленная фреза нередко является причиной несчастного случая. Оправка для крепления фрезы должна быть жесткой, сопряженные поверхности гнезда в шпинделе и конусного хвостовика фрезы без забоин и повреждений,

нарушающих плотность соединения. Ни в коем случае не допускается биение фрезы, которое является главной причиной ее поломки и травмирования людей, находящихся вблизи станка. Биение фрезы связано с затуплением или неправильной ее заточкой, прогибом оправки, не соответствующей размерам фрезы, неправильно принятым режимом работы станка, осевым смещением оправки, слабым закреплением фрезы в шпинделе.

При фрезеровании образуется отлетающая стружка, имеющая вид завитков неодинаковых размеров. При скоростном фрезеровании раскаленная до 500–600 °С стружка отлетает на расстояние до 6 м от станка, поэтому меры защиты от стружки должны обеспечивать как безопасность рабочего, обслуживающего станок, так и станочников, обслуживающих соседние станки.

Для защиты от отлетающей стружки при фрезеровании применяют различные защитные прозрачные ограждения, решетки, ширмы и стружконаправляющие устройства.

На рис. 4.7 представлено ограждение зоны резания вертикально-фрезерных станков. Это устройство в виде четырех складывающихся створок 1 подвешено на трубе 4 посредством роликов 3. Створки выполнены из органического стекла, что позволяет наблюдать за процессом резания. С помощью такого оградительного устройства можно быстро открыть и закрыть зону резания, пользуясь рукояткой 5. Рассеиванию стружки вдоль стекла препятствуют боковые неподвижные щиты 2.

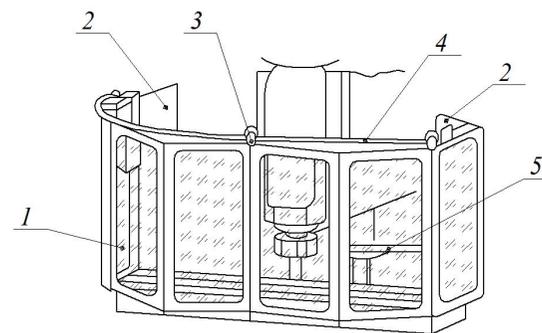


Рис. 4.7. Ограждение зоны резания вертикально-фрезерного станка:  
1 – створки; 2 – неподвижный щит; 3 – ролики;  
4 – труба; 5 – рукоятка

Для защиты от отлетающих частиц стружки и частиц фрез в настоящее время применяются защитные экраны, относящиеся к группе механических подвижных ограждений, не связанных с включением станка. Это защитные устройства, выполненные из прозрачного материала, имеющие переднюю и боковые стенки. Перемещение ограждения происходит в вертикальном направлении с помощью различных механических систем (рычажная, пружинная и т. п.). В этой серии ограждений наиболее эффективным является экран с пневмоприводом (рис. 4.8), состоящий из корпуса 3, закрепляемого болтами на станине фрезерного станка, прозрачного экрана 4 и пневмоцилиндра 1, осуществляющего подъем и опускание экрана. Находящийся в корпусе тангенциальный зажим 2 закрепляет пневмоцилиндр на любой высоте, необходимой для работы. Прозрачный экран имеет два слоя – из оконного и из органического стекла, причем сторона из органического стекла обращена к рабочему. Специальный прижим 5, в случае отсутствия сжатого воздуха в магистрали, может удерживать экран в крайнем верхнем положении. Ручки пускового крана сжатого воздуха и пуска станка соединены с помощью тяги. Таким образом, при включении станка щиток-экран автоматически опускается, при выключении – поднимается.

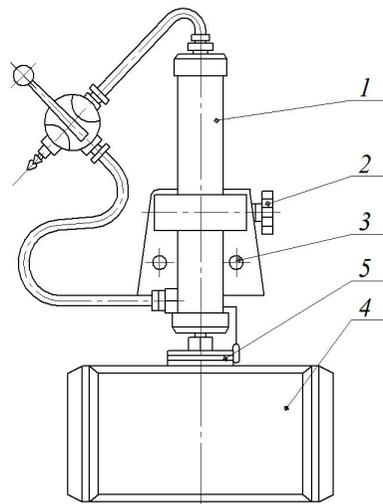


Рис. 4.8. Экран с пневмоприводом:  
1 – пневмоцилиндр; 2 – зажим; 3 – корпус; 4 – экран;  
5 – специальный прижим

Для предотвращения травм на горизонтально-фрезерных станках в основном применяются механические ограждения, не связанные с включением оборудования. К неподвижным защитным устройствам этого типа можно отнести следующие:

1. Ограждение типа «краб» (рис. 4.9) состоит из набора пластин 1, которые можно сдвигать и раздвигать в зависимости от диаметра фрез. Пластины крепятся с помощью шпильки 2 и гаек. Ограждение прикрепляется к хоботу станка. Оно удобно тем, что позволяет наблюдать за процессом резания.

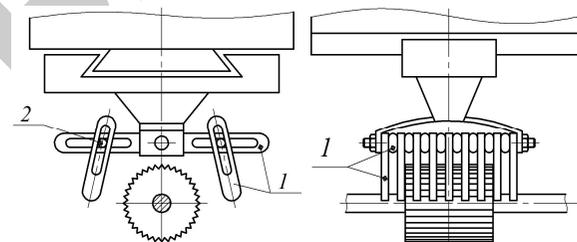


Рис. 4.9. Ограждение типа «краб»: 1 – пластина; 2 – шпилька

2. Регулируемое ограждение (рис. 4.10) состоит из двух кожухов 1, ограждающих фрезу. Кожухи можно сдвигать и раздвигать в зависимости от диаметра фрезы, фиксируя их в нужном положении винтами 2. Разрезная втулка и болт 3 позволяют устанавливать ограждение на необходимой высоте, что дает возможность использовать его на станках с различными расстояниями между осями хобота и фрезерной оправки. Ограждение подвешивается к хоботу станка.

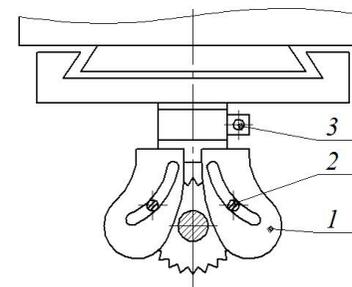


Рис. 4.10. Регулируемое ограждение:  
1 – кожух; 2 – винт; 3 – болт

3. *Ограждение-рукоотстранитель* (рис. 4.11) состоит из системы рычагов 1–3 и прозрачного экрана 4, который крепится на рычаге 1. При смене деталей, когда приспособление с деталью выведено из зоны резания, фреза закрыта экраном 4. При приближении детали к фрезе экран приподнимается за счет действия рычагов и одновременно отводит руки рабочего, если они окажутся вблизи фрезы. При дальнейшем движении детали экран снова опускается, закрывая фрезу. Ограждение крепится на столе станка.

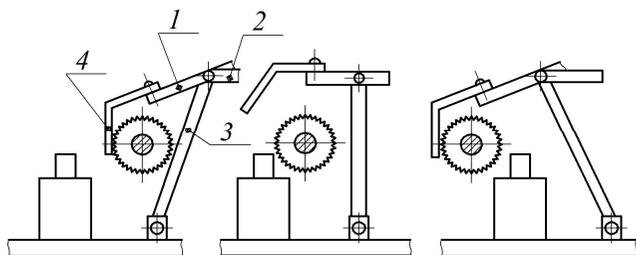


Рис. 4.11. Ограждение-рукоотстранитель:  
1–3 – рычаги; 4 – экран

Основной причиной травматизма на *сверлильных станках* является также стружка в виде длинных спиралей. Чтобы при работе на сверлильных станках не образовывалась длинная вьющаяся стружка, рекомендуется прерывистая подача сверла, установка рядом со сверлом неподвижных упоров, ударяясь о которые стружка будет ломаться, или использование сверл с канавками на режущих гранях (рис. 4.12).

Целесообразно устанавливать на сверлильных станках пневматические стружкоприемники. Конструкция пневматического стружкоприемника представлена на рис. 4.13.

Травмы на *вертикально-сверлильных станках* могут также происходить из-за захвата вращающимся сверлом или выступающими частями патрона свисающих частей одежды или волос. Для предупреждения подобных несчастных случаев разработан ряд защитных устройств, например телескопическое ограждение к станкам модели 2A125 и 2A135 (рис. 4.14).

Ограждение имеет подвижную гильзу 1, которая может свободно передвигаться в неподвижной гильзе 2 вверх и вниз в зависимости

от хода рабочего инструмента. В нужном положении гильза крепится винтом 4. Неподвижная гильза верхним концом присоединяется к кронштейну 5 и крепится винтами 3, а кронштейн соединяется со станиной станка винтами 6. В телескопическом ограждении к станку модели 2118 неподвижная гильза крепится винтами на пиноли шпиндельной головки станка. Применяются также телескопические ограждения с прозрачным экраном (рис. 4.15).

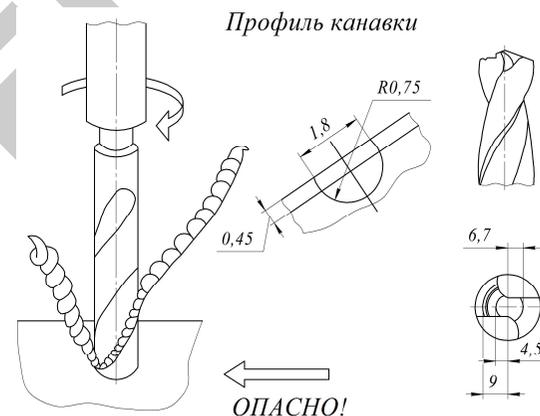


Рис. 4.12. Сверло с канавками на режущих гранях

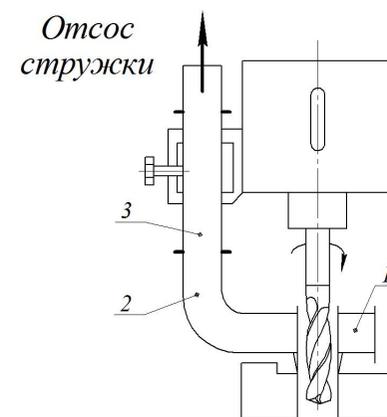


Рис. 4.13. Пневматический стружкоприемник:  
1 – сменная головка; 2 – криволинейный патрубкок;  
3 – телескопическая труба

При сверлении, зенкеровании и развертывании отверстий на сверлильных станках особую опасность для станочника представляет не только режущий инструмент, но и приспособления для его закрепления, шпиндель и обрабатываемая деталь.

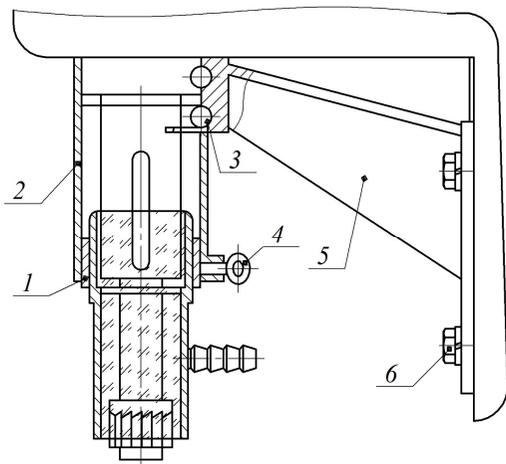


Рис. 4.14. Телескопическое ограждение к станкам модели 2А125 и 2А135:  
1 – подвижная гильза; 2 – неподвижная гильза; 3 – винт;  
4 – винт; 5 – кронштейн; 6 – болт

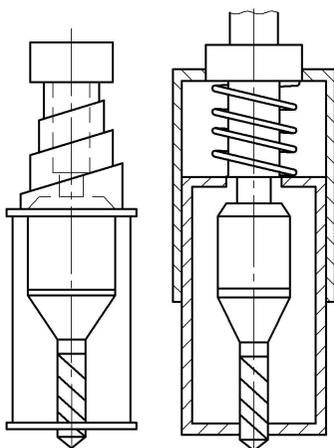


Рис. 4.15. Телескопическое ограждение с прозрачным экраном

Плохо закрепленное изделие под действием центробежных сил, усилия резания, а также в результате сгорания центра задней бабки может вырваться из закрепляющих его устройств. Надежность крепления изделия, установленного в центрах станков, во многом зависит от их состояния и соответствия размерам установочных отверстий в изделии. При износе поверхностей конусов вероятность вырывания резко возрастает. Поэтому при изготовлении установочных отверстий в деталях оси их должны быть на одной прямой, а сами отверстия расположены так, чтобы изделие опиралось на центр стенками конусной части отверстия по возможно большему периметру.

При работе на сверлильных станках обрабатываемые изделия необходимо надежно закреплять в тисках или в патронах и ни в коем случае не пытаться удерживать изделия руками. Крепежные приспособления должны быть правильно установлены и прочно закреплены на станке с таким расчетом, чтобы исключалась возможность самоотвинчивания или срыва их в процессе обработки и при реверсировании станка.

Устанавливать и закреплять обрабатываемую деталь на приспособление станка необходимо только после полной остановки станка. При этом особое внимание надо обращать на расположение детали относительно суппорта и резцов. Перед пуском станка следует проверить, не осталось ли на станке и его столе какого-либо инструмента или других предметов. Крепежные приспособления, а также открытые вращающиеся части станка не должны иметь на своих поверхностях выступов или углублений.

Ко всем защитным ограждениям независимо от вида станка и оборудования, на котором они установлены, предъявляются требования надежности, безопасности и удобства в эксплуатации.

Если по условиям работы необходимо наблюдать за процессом обработки, ограждения снабжают смотровыми окнами. Материал смотрового окна выбирают с учетом действия на него высоких температур, металлической стружки, частиц абразивного инструмента.

Защитные устройства, удаляемые при смене детали, инструмента, измерения детали, подналадке станка и в других случаях, должны иметь массу не более 6 кг, а их крепление – не требовать применения ключей и отверток. Перемещаться они должны после трогания

с места при установившемся движении с усилением не более 40 Н. Выполняют их жесткими, при толщине материала не менее: для листовой стали – 0,8 мм, для листового алюминия – 2 мм и прочной пластмассы – 4 мм.

### 4.3. Расчет элементов ограждений защитных устройств

При обработке хрупких материалов (чугуна, латуни, бронзы, текстолита) на высоких скоростях резания стружка от станка разлетается на значительное расстояние (3–5 м). При точении вязких материалов (медь, сталь) для стружки характерны высокая температура (400–600 °С) и большая кинетическая энергия, вследствие чего она представляет серьезную опасность не только для работающего на станке, но и для находящихся вблизи лиц. Например, при токарной обработке повреждение глаз отлетающей стружкой, пылевыми частицами обрабатываемого металла, осколками режущего инструмента и частицами абразива превышает 50 % общего числа производственных травм. Вот почему ограждения должны иметь определенный запас прочности, гарантирующий безопасность рабочего и находящегося рядом обслуживающего персонала.

При расчете сплошных ограждений из металла по действующей ударной нагрузке определяют толщину стенки ограждения.

Для абразивного круга или вращающейся детали в случае разрыва на две части (рис. 4.16, а) ударная нагрузка на ограждение  $F_{отл}$  (Н) определяется по формуле:

$$F_{отл} = m_k \frac{V_{окр}^2}{2R_0}, \quad (4.1)$$

где  $m_k$  – масса отлетающей части круга или детали, кг;

$V_{окр}$  – окружная скорость вращения абразивного круга, м/с;

$R_0$  – радиус центра тяжести половины абразивного круга или детали, м.

Радиус центра тяжести можно определить из выражения

$$R_0 = \frac{4(R_{вн}^3 - r^3)}{3\pi(R_{вн}^2 - r^2)}, \quad (4.2)$$

где  $R_{вн}$  – радиус внешней окружности круга или детали, м;  
 $r$  – радиус центрального отверстия круга или детали, м.

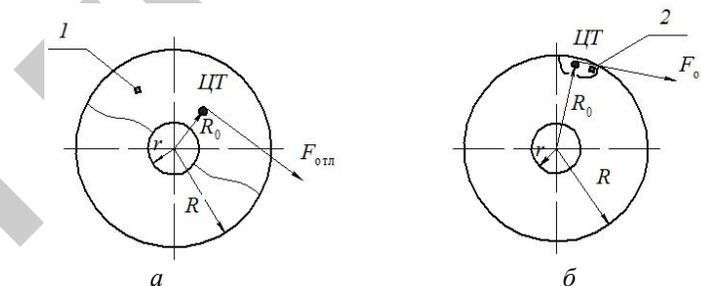


Рис. 4.16. Расчетные схемы при отлетающих деталях:  
 1 – отлетающая половинка круга; 2 – отлетающая часть детали;  
 ЦТ – центр тяжести отлетающей детали

При отрыве от вращающейся детали (круга) более мелкой части (рис. 4.16, б) ударная (центробежная) сила  $F_{отл}$  отлетающей части составит, Н:

$$F_{отл} = m_d \frac{V_d^2}{R_0}, \quad (4.3)$$

где  $m_d$  – масса отлетающей детали или части, кг;

$V_d$  – линейная скорость движения отлетающей детали или части, м/с;

$R_0$  – радиус кривизны траектории отрыва детали или части, м.

По найденному значению  $F_{отл}$  (табл. 4.1) можно ориентировочно определить толщину стенки ограждения из листовой стали.

Сплошные ограждения, толщину стенок которых находят по описанному выше методу, могут быть заменены сетчатыми или решетчатыми после соответствующего расчета элемента конструкции ограждения в зависимости от характера нагрузки (растяжение, изгиб, срез).

Таблица 4.1

Зависимость толщины стенки ограждения из листовой стали от ударной нагрузки

Ударная нагрузка, кН	Толщина стенки ограждения, мм	Ударная нагрузка, кН	Толщина стенки ограждения, мм
4,91	1	73,5	10
8,33	2	80,36	11
14,6	3	96,04	12
17,15	4	102,9	13
25,67	5	115,64	14
31,16	6	139,16	15
39,69	7	159,74	16
47,04	8	188,16	17
61,74	9	205,8	18

**Пример 4.1.** На токарном станке обрабатывается чугунный вал, наружным диаметром  $2R_0 = 400$  мм. Скорость вращения вала составляет  $n_{об} = 300$  мин<sup>-1</sup>. При обработке от вала отлетают кусочки стружки массой  $m_k = 100$  г. Определить толщину стенки ограждения из листовой стали, предположив, что вал разрушиться не может.

*Решение.* 1. Найдем скорость движения отлетающих кусочков стружки:

$$V_k = \omega_k R_0 = \frac{\pi n_{об}}{30} R_0 = \frac{3,14 \cdot 300}{30} \cdot 0,2 = 6,28 \text{ м/с},$$

где  $\omega_k$  – угловая скорость обрабатываемого вала, рад/с.

2. Расчет толщины стенки ограждения из листовой стали определим, используя ударную (центробежную) силу  $F_{отл}$  отлетающих кусочков по формуле (4.2):

$$F_{отл} = m_k \frac{V_k^2}{R_0} = 0,01 \cdot \frac{6,28^2}{0,2} = 1,97 \text{ Н}.$$

Как видно из сравнения полученного значения ударной силы отлетающих кусочков стружки с данными табл. 4.1, толщина стенки ограждения из листовой стали может быть принята не более 1 мм.

#### 4.4. Общие требования безопасности к защитным устройствам

Основными видами травм при работе на станках являются ранения рук, глаз, лица, ушибы тела. Причинами травм в основном являются неправильное размещение станочного оборудования в цехе, непрочное закрепление обрабатываемой детали или инструмента, отсутствие или неприменение защитных приспособлений и средств индивидуальной защиты, а также неправильные приемы работы.

Защитные устройства металлообрабатывающих станков должны соответствовать требованиям ГОСТ 12.2.009–99 «Станки металлообрабатывающие. Общие требования безопасности».

1. Защитные устройства должны:

- быть прочными. Крепление их должно быть надежным, исключая случаи самооткрывания;
- допускать проведение работ по смене заготовок и инструмента, техническому обслуживанию и наладке станков (по возможности) без демонтажа защитных устройств. Доступ в рабочую зону должен быть ограничен необходимой операцией;
- находиться на достаточном расстоянии от опасной зоны, чтобы обеспечить эффективную защиту работающего;
- обеспечивать безопасное наблюдение за циклом обработки;
- быть такими, чтобы их нельзя было избежать или сделать неэффективными.

2. Защитные устройства не должны:

- становиться источником дополнительных опасностей, ограничивать технические возможности станков и вызывать неудобства при их эксплуатации и наладке;
- затруднять удаление отходов там, где это необходимо;
- снижать освещенность рабочей зоны;
- ограничивать наблюдение за рабочим процессом более чем это допустимо;
- повышать уровень шума, создаваемого движущимися частями станков;
- увеличивать вибрацию станков.

3. Стационарные защитные устройства должны прочно крепиться к месту установки, съём защитных устройств должен проводиться

только с применением слесарно-монтажного инструмента (гаечного ключа, отвертки и т. п.). После разъединения средств закрепления защитные устройства не должны оставаться в защитном положении.

4. Подвижные части станка (ременные, цепные, зубчатые и др. передачи), расположенные вне корпусов станка и представляющие опасность для работающего, должны иметь защитные устройства (сплошные, с жалюзи, с отверстиями), обладающие соответствующей прочностью, которые при необходимости оснащают рукоятками, скобами для их удобного и безопасного открывания и снятия, перемещения и установки.

5. Подвижные защитные устройства подвижных частей станка для передачи энергии должны быть (если они открываются) сблокированы с приводом станка для его отключения при снятии (открытии) этого устройства. При этом подвижные части станка могут быть запущены в ход только после закрытия защитных устройств.

Подвижные защитные устройства подвижных частей станка, принимающие участие в рабочем процессе, в зависимости от выполняемой работы должны быть таким образом связаны с управлением станка, чтобы прекратить доступ к подвижным его частям во время работы. Не допускается запуск подвижных частей станка при наличии к ним доступа. При неисправности защитных устройств запуск в ход подвижных частей станка должен быть предотвращен, подвижные части остановлены.

Конструкция подвижных откидных (открывающихся) и легко-съемных защитных устройств должна обеспечивать их закрытое состояние при работе станка.

Конструкция подвижных защитных открывающихся устройств должна обеспечивать свободный доступ для обслуживания и наладки узлов станка, а также их открывание без применения слесарно-монтажного инструмента.

Демонтаж подвижного легко-съемного защитного устройства должен быть возможен только с применением слесарно-монтажного инструмента.

6. Подвижные защитные устройства разрабатывают и изготавливают по ГОСТ 12.2.062–81 «Система стандартов безопасности труда. Оборудование производственное. Ограждения защитные». Защитные устройства должны исключать:

- соприкосновение работающего с подвижными частями станка и режущим инструментом за пределами рабочей зоны;
- вылет и выбрасывание режущего инструмента и подвижных частей и элементов станка при его работе;
- выбрасывание режущим инструментом обрабатываемых заготовок или крупных частей заготовок, отходов, образующихся в процессе обработки;
- травмирование работающего при переналадке станка, а также при установке и смене режущего инструмента;
- возможность выхода подвижных частей станка за установленные пределы, то есть крайние положения подвижных частей станков с механизированной подачей должны ограничиваться устройствами, исключающими их перебеги за допустимые пределы.

7. Перемещаемые защитные устройства, ограничивающие доступ к необходимым для работы подвижным частям станка, должны перемещаться легко и без применения слесарно-монтажного инструмента. В зависимости от конструктивного исполнения и выполняемых станком видов обработки передвигание защитных устройств производится вручную или автоматически.

Для защиты работающего и исключения опасности должно быть предусмотрено (где это возможно) автоматическое отключение станка при открывании защитных устройств (крышек, дверей).

8. Внутренние поверхности откидных (открывающихся) подвижных защитных устройств, закрывающих места расположения подвижных частей станка (приводные шкивы, приводные ремни, зубчатые колеса) и требующих периодического доступа при наладке и регулировке узлов, должны быть окрашены в желтый сигнальный цвет.

Если движущиеся элементы станка закрываются съемными защитными ограждениями (крышками, кожухами, дверцами), то окраске в желтый цвет (полностью или частично) подлежат обращенные к ним поверхности движущихся элементов или поверхности смежных с ними неподвижных деталей, закрываемых ограждениями.

При опасности травмирования работающего дверцы должны иметь блокировку, автоматически отключающую станок при их открывании. При этом требования об окраске указанных поверхностей в желтый сигнальный цвет и нанесении с наружной стороны предупреждающего знака опасности сохраняются.

9. Конструкция и прочность защитных устройств должны обеспечивать защиту работающего от травм и выбираться с учетом выполняемых ими функций.

Предпочтительно изготовление сплошных защитных устройств.

Точность изготовления и установка защитных устройств должны исключать их перекося и смещение относительно положения, определяемого элементами конструкции станка.

Регулируемые элементы защитных устройств при наладке станков, в зависимости от размеров заготовки закрепляют без применения слесарно-монтажного инструмента.

10. Защитные устройства изготавливают толщиной, не менее: из листовой стали – 0,8 мм, листового алюминия – 2 мм или ударопрочной пластмассы – 4 мм. При необходимости защитные устройства оборудуют смотровыми окнами достаточных размеров, защищенными трехслойным листовым стеклом марки «Сталилит» толщиной не менее 4 мм. Допускается применение других материалов, не уступающих упомянутым выше материалам по эксплуатационным свойствам.

Расстояние от движущихся элементов и узлов станка до поверхности защитных устройств, изготовленных из листового материала с круглыми или квадратными отверстиями или из сетки, должно быть не менее указанных в табл. 4.2.

Таблица 4.2

Расстояние от движущихся элементов и узлов станков до поверхности защитных устройств

Наибольший диаметр окружности, вписанной в отверстия защитного устройства (решетки, сетки), мм	Расстояние от движущихся элементов и узлов станка до поверхности защитного устройства, мм
До 8	15
Свыше 8 до 25	120
Свыше 25 до 40	200

11. Конструкция защитных устройств должна обеспечивать (при рациональном использовании принципов эргономики) снижение до минимума утомляемости, психической (стресс) и физической нагрузки работающего. С этой целью устройства должны быть снабжены ручками, резьбовыми или гладкими отверстиями для подъема и надежного транспортирования.

Усилие для снятия (демонтажа и регулировки) неподвижных защитных устройств не должно превышать 80 Н (8 кгс).

Усилие для снятия подвижных легкоъемных защитных устройств должно быть не более 60 Н (6 кгс).

Усилие для перемещения подвижных защитных открывающихся устройств из одного фиксированного положения в другое должно быть не более 40 Н (4 кгс).

Усилие для подъема или сдвигания подвижной части откидных подвижных защитных устройств, закрепляющих рабочую зону станка, должно быть не более 20 Н (2 кгс).

Усилие, необходимое для сдвигания перемещаемых защитных устройств, а также передвижения их с заданной скоростью, в зависимости от цикла обработки, должно быть не более 20 Н (2 кгс).

Масса подвижных защитных открывающихся устройств, снимаемых чаще одного раза в смену при установке и снятии обрабатываемой детали или инструмента, при измерении детали, при подналадке станка и т. п., должна быть не более 6 кг. Защитные устройства должны иметь крепление, не требующее применения ключей и отверток.

### Контрольные вопросы и задания

1. Приведите классификацию металлообрабатывающих станков в зависимости от вида обработки и степени специализации.
2. Как разделяются металлообрабатывающие станки по степени точности, массе и степени автоматизации?
3. Назовите наиболее приемлемые средства защиты от стружки при работе на металлообрабатывающих станках.
4. Какие виды работ выполняются на металлообрабатывающих станках токарной группы?
5. Как обеспечивается безопасность работы на токарных станках?
6. Приведите основные способы безопасного труда при работе на токарных станках.
7. Для выполнения каких видов работ предназначены вертикально-фрезерные станки?
8. Какие меры защиты от отлетающей стружки при фрезеровании обеспечивают безопасность рабочего, обслуживающего станок?

9. Какие механические ограждения применяются для предотвращения травм на горизонтально-фрезерных станках?

10. Назовите основные причины травматизма на сверлильных и вертикально-сверлильных станках.

11. Какая особая опасность возникает при сверлении, зенкерования и развертывании отверстий на сверлильных станках?

12. Определите толщину стенки ограждения при обработке хрупких материалов (чугуна, латуни, бронзы) на токарном станке по действующей ударной нагрузке.

13. Назовите основные причины травм, возникающих при работе на металлообрабатывающих станках.

14. Какие требования предъявляются к подвижным частям станка (ременные, цепные и зубчатые передачи), расположенным вне корпуса станка и представляющим опасность для работающего?

15. Каковы конструктивные особенности защитных устройств, применяемых при работе на металлообрабатывающих станках?

## 5. БЛОКИРОВОЧНЫЕ ЗАЩИТНЫЕ УСТРОЙСТВА

### 5.1. Общие положения и классификация блокировочных устройств

Если по технологическим соображениям невозможно оградить опасную зону, применяют *блокировочные устройства* – устройства, срабатывающие при ошибочных действиях работающих и автоматически отключающие машину при проникновении человека в опасную зону оборудования, машины, механизма, установки. Большое значение имеет своевременная сигнализация о пребывании человека в опасных окружающих средах (токсических или взрывоопасных), которая одновременно с сигналом опасности подает импульс соответствующему исполнительному механизму на ликвидацию опасного режима (например, включение аварийной вентиляции, отключение всей установки или насосов, подающих токсические материалы, перекрытие трубопроводов и отключение емкостей).

*Блокировочные устройства* – средства производственной безопасности, предупреждающие возникновение опасных производственных факторов при нарушениях параметров технологических процессов и действующего оборудования. Они либо приостанавливают процесс или работу оборудования, не допуская возникновения опасных производственных факторов, либо нормализуют параметры оборудования при их отклонениях выше установленных пределов и срабатывают при ошибочных действиях работающего. Поэтому блокировочные устройства либо препятствуют неправильным действиям персонала (например, попытке оператора включить оборудование при снятом ограждении), либо предотвращают развитие аварийной ситуации, отключая определенные участки технологической системы или вводя в действие специальные сбрасывающие устройства.

Таким образом, блокировочные устройства фиксируют рабочие части оборудования, аппарата или схемы в определенном (рабочем или нерабочем) положении. В результате фиксации предотвращается неправильное управление оборудованием или сочетание движений механизмов, опасных для персонала; ограничиваются движения механизмов за заданные пределы, что препятствует проникновению человека в опасную зону, либо во время пребывания его в этой зоне устраняют опасный фактор.

Блокировочные устройства служат:

- для немедленной остановки технологического оборудования при возникновении опасной ситуации или нарушении условий в их работе;
- запрета неправильных действий при управлении технологическим оборудованием;
- запрещения эксплуатации технологического оборудования без предохранительных приспособлений или при выявлении их неисправности;
- ограничения движения механизмов за определенные границы;
- предотвращения пуска двигателя при включенной передаче;
- ограждения цепных и ременных передач;
- блокировки входной двери в помещение, в котором могут быть опасные концентрации вредных веществ;
- блокировки ограждающих защитных устройств (применяется на рабочих местах агрегатов и машин, не имеющих ограждений, а также там, где работа может вестись при снятом или открытом ограждении).

*Блокировкой* называют совокупность методов и средств, изменяющих режим работы (вплоть до остановки) машины, прибора или устройства, вызванное внезапным нарушением нормальных условий их эксплуатации; предотвращают ошибочные действия при управлении работой технических систем.

По принципу блокировки работают следующие устройства: защитный щиток на абразивном станке, предохраняющий рабочего от травмирования отлетающими частицами при заточке инструмента обработки изделий (при откинутах щитке двигатель блокируется, и включить его невозможно); люк кабины крановщика, открываемый для выхода на верх мостовых кранов (при открывании люка подача тока ко всем механизмам и приводам крана прекращается);

двери помещения, в котором имеется оборудование, находящееся под высоким напряжением (при открывании дверей оборудование обесточивается).

Основное требование к защитной блокировке – это ее своевременное срабатывание. Время срабатывания блокировки должно быть меньше времени, затрачиваемого рабочим на доступ в опасную зону.

При срабатывании блокировочных устройств работа систем технологического оборудования восстанавливается только после приведения контрольных параметров с нормативными их значениями.

Блокировочные устройства делятся *по назначению*: для блокировки ограждений опасных зон; блокировки дверей опасных зон; блокировки органов включения; блокировки опасных зон, которые по условиям работы невозможно закрыть ограждением.

*По принципу действия* блокировочные устройства подразделяются на механические, электрические, электромеханические, фотоэлектрические, электронные, электромагнитные, пневматические, гидравлические и комбинированные, а *по исполнению* – на открытые, закрытые и взрывозащищенные. Их выбор зависит от особенностей окружающей среды.

## 5.2. Основные конструктивные решения блокировочных устройств по принципу их действия

*Механическая блокировка* основана на конструктивных элементах, обеспечивающих безопасную работу станка, агрегата, установки. Механической связью можно блокировать ограждение с тормозным или пусковым устройством или с тормозным и пусковым устройствами вместе, а также с органами управления. Они устанавливаются в узлах с любой массой и скоростью рабочих органов. Механические блокировочные устройства основаны на принципе разрыва кинематической цепи.

Конструкции блокировочных устройств различны, и принципы их действия также неодинаковы.

На рис. 5.1 показана *механическая блокировка* дверцы ограждения кривошипно-ползунного механизма с тормозным устройством лесопильной рамы РД-75-6.

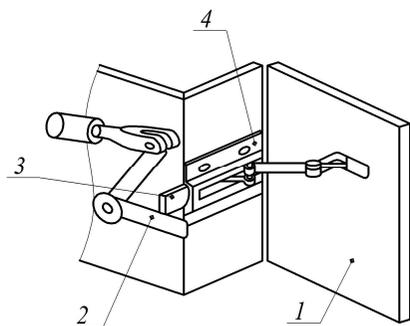


Рис. 5.1. Схема механической блокировки:  
1 – ограждение; 2 – рычаг тормоза; 3 – запорная планка; 4 – направляющая

Для открывания дверцы необходимо сначала затормозить лесопильную раму, то есть остановить кривошипно-ползунный механизм отключением электродвигателя и тормозом. Только после этого можно открыть дверь. При этом рычаг дает возможность выйти запорной планке. При открытой дверце ограждения невозможно растормозить раму, а, следовательно, и пустить ее в ход, так как движение рычага тормоза ограничивается запорной планкой. При закрытой дверце рычаг тормоза установится против запорной планки и дверцу будет невозможно открыть.

Для предупреждения неправильных включений, которые могут привести к поломке станка, инструмента или ранению рабочего, в механизмах токарных станков обычно имеются блокировочные устройства, которые представляют собой систему рычагов, связывающих пусковой механизм с ограждением и препятствующих включению оборудования при открытом оградительном устройстве.

Схема блокировочного механизма, расположенного в фартуке токарно-винторезного станка 1А62 представлена на рис. 5.2. Механизм блокировки устроен следующим образом. Рукоятка А, закрепленная на винте XXIII, сцепляет его либо с колесом  $z_1 = 50$  при включении продольной подачи, либо с колесом  $z_2 = 65$  при включении поперечной подачи.

При среднем положении колеса  $z_3 = 24$ , как показано на рис. 5.2 ни продольная, ни поперечная подачи не включены. В этом случае гайка В находится в таком положении, при котором выступ втулки В свободно проходит через прорезь гайки В и, таким образом, вал XXIV

можно вращать в любом направлении. Вращением вала XXIV с помощью рукоятки Г производится включение маточной гайки. Таким образом, при включенной подаче от ходового вала можно, вращая рукояткой Г вал XXIV, включать замок маточной гайки. При запертом замке (положение I на рис. 5.2 справа) выступ втулки В входит в вырез гайки В и не позволяет перемещать ее ни в ту, ни в другую сторону, то есть не позволяет включить подачу от ходового вала.

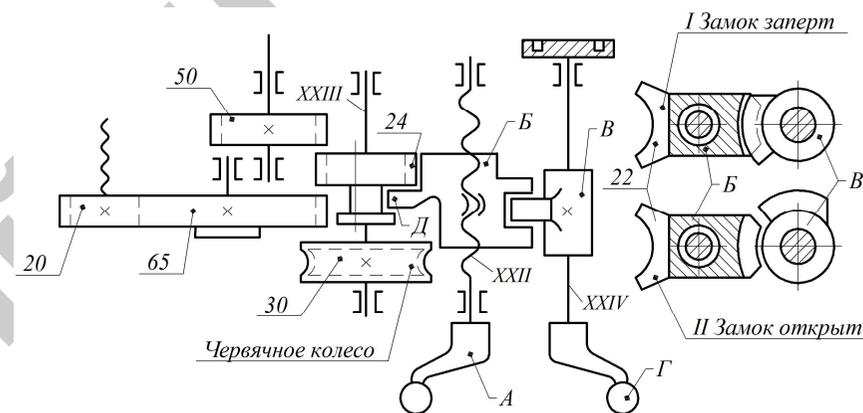


Рис. 5.2. Блокировочный механизм токарно-винторезного станка 1А62

При открытом замке (рис. 5.2, положение II) выступ втулки В выходит из выреза гайки В и позволяет, перемещая ее, включать подачу от ходового вала. При этом выступы сместившейся гайки В не позволяют повернуть рукоятку Г влево и замкнуть замок ходового винта.

Механические блокировочные устройства также предназначены для предотвращения одновременного включения двух движений, которые могут привести к поломке механизмов станка. На рис. 5.3 показана схема устройства, предназначенного для предохранения одновременного включения ходового валика и ходового винта.

Механизм блокировки расположен в фартуке токарно-винторезного станка. На рис. 5.3 показано положение блокировочного механизма, когда ходовой винт 7 токарно-винторезного станка соединен с маточной гайкой б, при этом включена продольная подача суппорта. Скользящее зубчатое колесо 3 будет находиться между колесами,

посаженными на валу 1 и на валу 2. Как только осуществится поворот рукоятки 9, маточная гайка 6 с помощью диска 8 разомкнется и освободит ходовой винт 7. Одновременно язычок 10 выходит из паза гайки 4. При повороте рукоятки 11 приводится во вращение винт 5, перемещается гайка 4, увлекая за собой зубчатое колесо 3, осуществляя соединение с одним из двух зубчатых колес. При соединении зубчатого колеса 3 с зубчатым колесом, посаженным на валу 1, произойдет продольная подача суппорта, а при соединении с колесом, посаженным на валу 2, – поперечная подача. Как только гайка 4 переместится, повернуть рукоятку 9 невозможно, так как язычок 10 не попадет в паз гайки 4, а, следовательно, диск 8 не повернется и маточная гайка не будет включена. Помимо описанной схемы, существуют и другие блокировочные устройства. Так, например, если одновременно включить подачу суппорта токарно-винторезного станка и разъемную гайку ходового винта, то произойдет авария из-за различных условий работы и скорости движения указанных механизмов. Поэтому в фартуке предусмотрено блокировочное устройство, исключающее включение разъемной гайки ходового винта при включении продольной подачи, и наоборот, невозможно включить продольную подачу, если включена разъемная гайка.

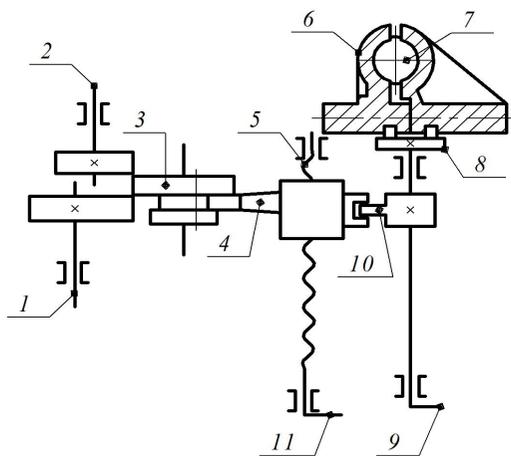


Рис. 5.3. Схема блокировочного устройства:

1, 2 – валы; 3 – зубчатое колесо; 4 – гайка; 5 – винт; 6 – маточная гайка;  
7 – ходовой винт; 8 – диск; 9 – рукоятка; 10 – язычок; 11 – рукоятка

Кроме этого *механическая блокировка* представляет собой систему, обеспечивающую связь между ограждением и тормозным (пусковым) устройством.

На рис. 5.4 показана схема механической блокировки защитной решетки вальцовой дробилки плодов (винограда, яблок и т. п.).

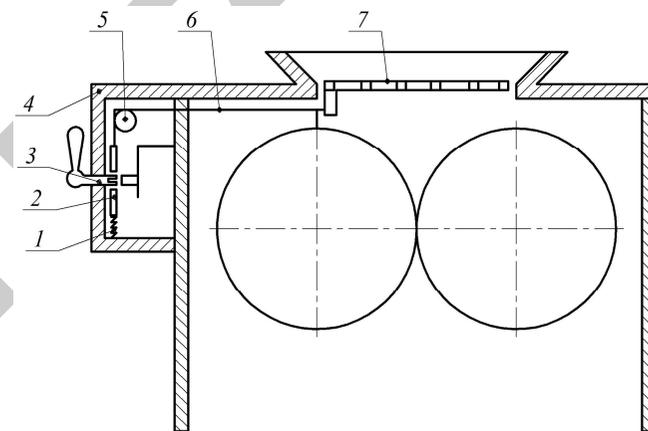


Рис. 5.4. Схема механической блокировки:

1 – пружина; 2 – подвижная скоба; 3 – вставной ключ; 4 – коробка;  
5 – направляющий ролик; 6 – трос; 7 – решетка

Решетка 7 с помощью троса 6 и направляющего ролика 5 связана с подвижной скобой 2, которая перемещается внутри коробки 4. При закрытой решетке дробилки скоба 2 под действием пружины 1 занимает такое положение, что отверстия в ней и в коробке совпадают и в эти отверстия можно вставить ключ 3 для включения электродвигателя дробилки. Если решетка будет открыта, то отверстие в передвинувшейся скобе не будет совпадать с отверстием в коробке и, следовательно, дробилку нельзя будет включить.

Наиболее распространены *электрические блокировочные устройства*. Основные элементы: преобразователь контролируемой величины в выходной сигнал, удобный для передачи и дальнейшей обработки; измерительно-командное устройство, определяющее величину и характер сигнала и выдающее команду на ликвидацию опасного режима; исполнительный механизм. Примером может служить блокировочное устройство заточного станка с контактами,

выключающими электродвигатель при поднятии защитного экрана. При его опускании контакты замыкаются, включая станок. Электрическим блокировочным устройством, препятствующим пуску двигателя при включенной передаче, оснащают тракторы с пусковыми двигателями. Если рычаг коробки передач не установлен в нейтральное положение, то контактный прерыватель размыкает цепь питания первичной обмотки магнето, не давая возможности пустить пусковую двигатель.

Электрическая блокировка обеспечивает требуемые блокировочные связи с помощью электрических цепей управления, контроля и сигнализации блокируемых агрегатов. Электрическая взаимосвязь применяется для блокирования неправильного включения отдельных механизмов или частей оборудования, автоматических и полуавтоматических линий, что позволяет предотвратить аварию. Примером такого решения может служить *электрическое блокировочное устройство* (рис. 5.5), применяемое для листогибочных прессов. Щиток 4 в этом устройстве закрывает рабочую зону. При опускании ползуна ролики 2 по краям щитка, подвешенного на пружинах, доходят до опорных кронштейнов 3 и опасная зона закрывается. При дальнейшем опускании ползуна конец рычага 8 дойдет до упора 9, повернется, и стопорный зуб его выйдет из впадины на стопорном диске механизма, на котором подвешен щиток. Под действием пружины 1 щиток отойдет от рабочей зоны. Устройство возвращается в исходное положение при подъеме ползуна, когда рычаг с роликом 7 на конце дойдет до упора 6. На нижней кромке щитка 4 закреплен датчик 5 в виде эластичной трубки овального сечения, вдоль которой в верхней и нижней частях проходят прикрепленные к поверхности контактные проводники, отделенные один от другого. Через систему управления они связаны с системой выключения хода ползуна. При опускании ползуна, в случае соприкосновения щитка с препятствием (рука оператора), трубка сжимается и подается сигнал на выключение привода станка.

Разновидность электроблокировки – турникеты, устанавливаемые в ограждениях и препятствующие подходу к оборудованию во время его работы. Стопорное устройство турникета связано с пусковым устройством и включается двумя кнопками или рычажками. При выполнении операций руки оператора находятся на пусковых кнопках или рычажках вдали от опасной зоны, включение которых возможно

только при одновременном нажатии на обе кнопки. Конструкции оборудования с двуручным включением делают с расчетом минимального утомления и максимальной производительности.

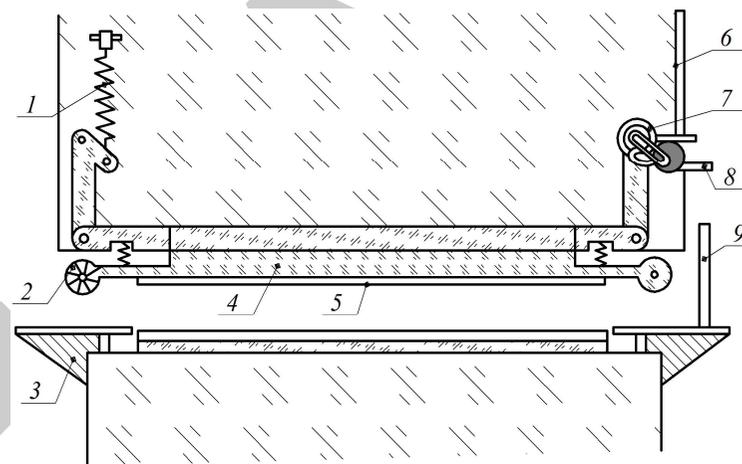


Рис. 5.5. Защитное устройство с электроблокировкой:  
1 – пружина; 2 – ролик; 3 – опорный кронштейн; 4 – щиток; 5 – датчик;  
6 – упор; 7 – ролик; 8 – рычаг; 9 – упор

**Электромеханическую (комбинированную) блокировку** используют на металло- и деревообрабатывающих станках, лесопильных рамах, где снимаемые и открываемые ограждения с помощью концевых выключателей заблокированы с пусковыми устройствами, что исключает работу станка и его пуск при снятом или открытом ограждении. Такую блокировку применяют на дверцах шкафов, закрывающих конструкции электrorаспределительных устройств, дверях и люках, ведущих в опасные зоны (загрузочные люки), кабинах, полах и шахтах лифтов, дверцах кабин мостовых кранов, в кабинетах рентгеновских установок.

Пример *электромеханической блокировки* приведен на рис. 5.6. При открытии двери распредустройства происходит поворот рычага 1 и запор 2 освобождает палец 3, который под действием пружины перемещается и стопорит замок 4 вала 5, включающего рубильник 6. После закрытия двери запор 2 утапливает палец 3, замок 4 перемещается и поворотом вала 5 включается рубильник 6.

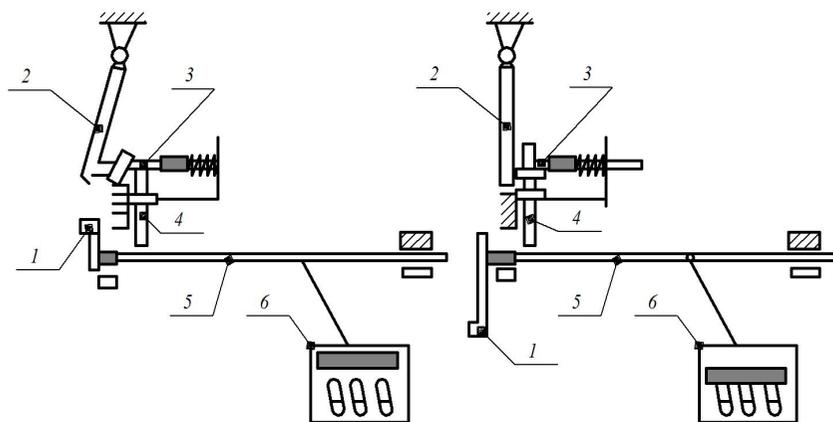


Рис. 5.6. Схема электромеханической блокировки:  
1 – рычаг; 2 – запор; 3 – палец; 4 – замок;  
5 – вал; 6 – рубильник

На рис. 5.7 показана схема электромеханической блокировки съемного ограждения, применяемой для предотвращения пуска механизма привода машины при снятом ограждении.

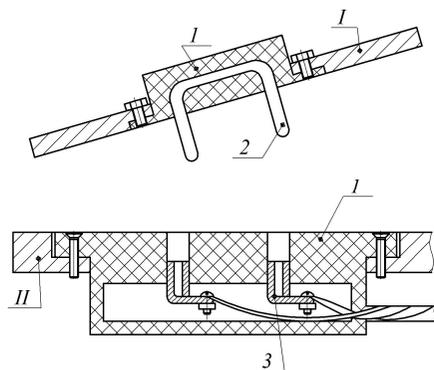


Рис. 5.7. Схема электромеханической блокировки:  
I – ограждение; II – корпус машины; I – изоляционная колодка;  
2 – металлическая скоба; 3 – контакты

Ограждение снабжено изоляционной колодкой I с вмонтированной в нее металлической скобой 2. Корпус машины снабжен заглубленными в изоляционной колодке контактами 3 с присоединенными

к ним проводами. При установке ограждения на место штыри скобы входят в заглубления и замыкают контакты электрической цепи, обеспечивая тем самым возможность пуска привода машины. При снятом ограждении электрическая цепь разомкнута и пуск привода невозможен.

Блокировки такого принципа действия нашли широкое применение для защиты рабочих, обслуживающих технологическое оборудование пищевых предприятий (месильные машины, миксеры, центрифуги).

При **фотоэлектрической блокировке** применяют фотоэлектрические реле или фотоэлементы. Работа такого блокировочного устройства основана на принципе пересечения светового луча, направленного на фотоэлемент или фотосопротивление. Изменение светового потока, падающего на фотоэлемент (фотосопротивление), изменяет в электрической цепи величину тока, который подается на измерительно-командное устройство, дающее в свою очередь импульс на включение исполнительного механизма защитного устройства. **Фотоэлектрическая блокировка** создает перед опасной зоной невидимую световую завесу (световой поток), при пересечении которой ток в цепи фотоэлемента прекращается, разомкнутые контакты смыкаются, включаются электромагнит исполнительного механизма и сигнальная лампочка, питаемые от трансформатора и выпрямителя. От этого же трансформатора питается источник света.

Рассмотрим принцип работы фотоэлектрического устройства блокировки. На стойках пресса или другого оборудования со стороны рабочего установлены: на одной стойке – фотореле, а на другой – специальная электрическая лампа. Узкий луч света от лампы направлен на фотоэлемент, вследствие чего возникает электрический ток, и привод механизма тормоза находится в выключенном положении – пресс работает. Когда же луч света от лампы прерывается руками рабочего, оказавшимися в опасной зоне, электрический ток в фотоэлементе не образуется, действие тока на привод механизма тормоза прекращается, тормоз срабатывает и останавливает пресс. Схема фоторелейной защиты, устанавливаемой на прессах с муфтой жесткого сцепления, приведена на рис. 5.8.

Опасная зона у пресса просвечивается лучом I, падающим от лампы на фотоэлемент 3, в цепи которого находится реле 7. В цепь через выпрямитель 8 включены контакты 10 и электромагнит 9.

При пересечении луча света, то есть при нахождении в опасной зоне 2 рук рабочего, фотореле срабатывает, по обмотке электромагнита 9 протекает ток, электромагнит оттягивает стержень 11, преодолевая сопротивление пружины 4, и подводит его под рычаг 6, включающий муфту 5. Стержень 11 соединен с педалью пуска 12, которая при таком его положении блокируется, и пресс не может быть пущен в работу.

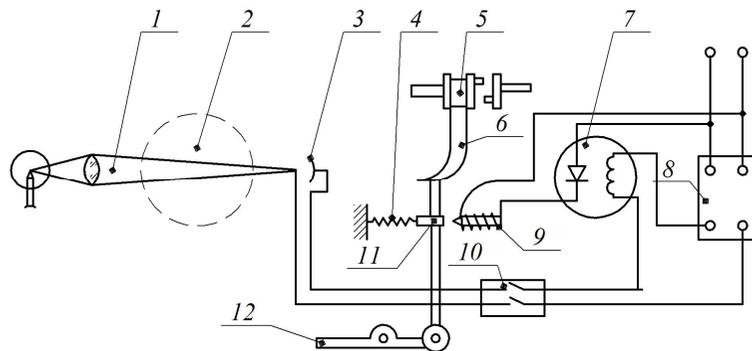


Рис. 5.8. Схема фоторелейной защиты, применяемой на прессах с муфтой жесткого сцепления:

1 – луч; 2 – опасная зона; 3 – фотозлемент; 4 – пружина; 5 – муфта; 6 – рычаг; 7 – реле; 8 – выпрямитель; 9 – электромагнит; 10 – контакты; 11 – стержень; 12 – педаль пуска

В таком оборудовании, как прессы, штампы, гильотинные ножницы и т. п., *фотозлектрическая блокировка* – одно из оптимальных решений, способных обеспечить защиту обслуживающего персонала от травм. С помощью фотореле можно оградить опасные зоны длиной в несколько десятков метров, не применяя при этом никаких дополнительных устройств.

*Электронные блокировки* применяются на различном технологическом оборудовании с электроприводом. При этом в оградительное устройство встраивается концевой выключатель таким образом, чтобы электродвигатель мог включиться только при закрытом ограждении. При неправильной установке ограждения разомкнутые контакты концевой выключателя разрывают цепь системы привода электродвигателя.

Концевые выключатели необходимы для предупреждения поломок оборудования, возникающих при переходе движущихся частей за установленные пределы, ограничения перемещения суппорта на металлорежущих станках, для пути движения груза в вертикальной и горизонтальной плоскостях при работе грузоподъемных механизмов и т. д.

На рис. 5.9 показана схема блокировки защитного экрана патрона токарно-винторезного станка ТС-135М. Концевой выключатель П2 при поднятом ограждении размыкает цепь катушки пускателя П3, а тот, в свою очередь, замыкающим контактом размыкает цепь пускателя П1 или П2 в зависимости от того, в какую сторону вращается шпиндель. Пускатели П1, П2 своими контактами разрывают цепь питания электродвигателя и шпиндель останавливается.

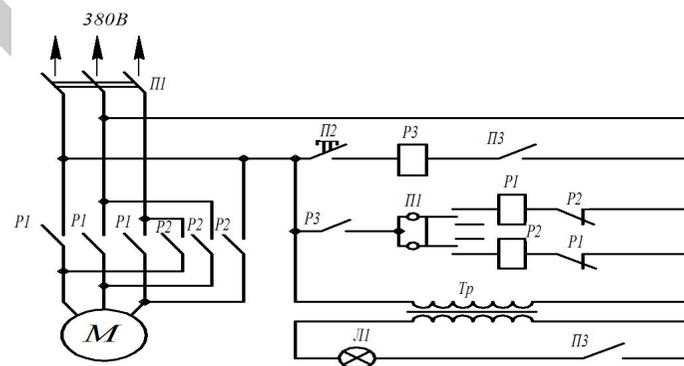


Рис. 5.9. Схема блокировки защитного экрана патрона токарно-винторезного станка ТС-135М

*Электронную (радиационную) блокировку* применяют для защиты в опасных зонах на прессах, гильотинных ножницах и других видах технологического оборудования, применяемого в машиностроении (рис. 5.10).

Излучение, направленное от источника 5, улавливается трубками Гейгера 1. Они воздействуют на тиратронную лампу 2, от которой приводится в действие контрольное реле 3. Контакты реле либо включают, либо разрывают цепь управления, либо воздействуют на пусковое устройство. Контрольное реле 4 работает при нарушении системы блокировки, когда трубки Гейгера не работают в течение

20 с. Преимуществом блокировки с радиационными датчиками является то, что они позволяют производить бесконтактный контроль, так как не связаны с контролируемой средой. В ряде случаев при работе с агрессивными или взрывоопасными средами в оборудовании, находящемся под большим давлением или имеющем высокую температуру, блокировка с применением радиационных датчиков является единственным средством для обеспечения требуемых условий безопасности.

**Электромагнитную (радиочастотную) блокировку** применяют для предотвращения попадания человека в опасную зону. Если это происходит, высокочастотный генератор подает импульс тока к электромагнитному усилителю и поляризованному реле. Контакты электромагнитного реле обесточивают схему магнитного пускателя, что обеспечивает электромагнитное торможение привода за десятые доли секунды. Аналогично работает магнитная блокировка, использующая постоянное магнитное поле.

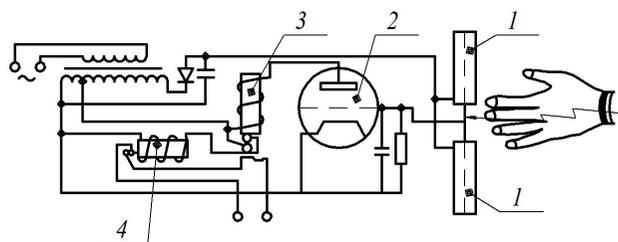


Рис. 5.10. Схема электронной (радиационной) блокировки:  
1 – трубка Гейгера; 2 – тиратроновая лампа;  
3, 4 – контрольное реле; 5 – источник

**Пневматические и гидравлические устройства** применяют на агрегатах, где рабочие тела находятся под повышенным давлением: в насосах, компрессорах, турбинах и т. п. Основное преимущество таких устройств – их малая инерционность. При возникновении аварийной ситуации в машинах с гидро- или пневмоприводом сопутствующий этому процессу поток жидкости или газа, воздействуя на специальный рычаг, перекрывает клапаны питающей среды.

На рис. 5.11 приведена принципиальная схема *пневматической блокировки*. Аналогично, по такому принципу действия работает *гидравлическая блокировка*.

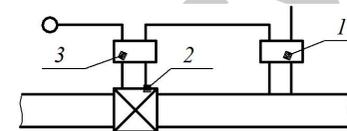


Рис. 5.11. Схема пневматической блокировки:  
1 – реле давления; 2 – запорное устройство;  
3 – электромагнит

**Оптическая блокировка** находит применение в кузнечно-прессовых и механических цехах ремонтных предприятий агропромышленного комплекса. Световой луч, попадающий на фотоэлемент, обеспечивает постоянное протекание тока в обмотке блокировочного электромагнита. Если в момент нажатия педали в рабочей (опасной) зоне штампа окажется рука рабочего, падение светового тока на фотоэлемент прекращается, обмотки блокировочного магнита обесточиваются, его якорь под действием пружины выдвигается, и включение пресса педалью становится невозможным.

Существуют блокировочные устройства, принцип работы которых основан на использовании *ионизирующих свойств радиоактивных веществ*. Источник слабого излучения в виде браслета надевают на руку работающего. При приближении руки к опасной зоне излучение улавливается и преобразуется в электрический ток. Ток подается на тиратронную лампу. Последняя передает импульс на реле, размыкающее цепь магнитного пускателя. Оборудование, которым управляет этот пускатель, останавливается.

### 5.3. Блокировочные устройства грузоподъемного оборудования

Безопасность людей, занятых на погрузочно-разгрузочных работах, обеспечивается также блокировочными устройствами, которые автоматически снимают напряжение с открытых токоведущих частей, и обесточивают грузоподъемное оборудование. Обычно для этой цели используются простейшие концевые выключатели типа ВК. На электромостовых кранах они устанавливаются на люках выхода из кабины, на дверях в торцевых ограждениях галерей.

Концевые выключатели и блокирующие устройства эффективны только при небольших скоростях. Если скорость превышает 80 м/мин, то рычажные концевые выключатели не могут служить надежной защитой. В этих случаях применяются другие системы ограничения движения, в частности фотоэлектрический автостоп, предназначенный для безопасной остановки мостовых кранов, двигающихся навстречу друг другу на высокой скорости. Автостоп приводится в действие при сближении кранов на расстояние, равное сумме наибольших тормозных путей. Этот прибор может применяться в основном в закрытых помещениях. Другая система остановки кранов, двигающихся друг другу навстречу, выполнена с использованием радиолокационных датчиков, с помощью которых при сближении на опасное расстояние краны обесточиваются.

Для ограничения грузоподъемности кранов и исключения их поломки и аварии используются *ограничители грузоподъемности*, отключающие подъемный механизм при превышении нормативного веса более чем на 25 %.

У кранов с электрическим и дизель-электрическим приводом ограничитель грузоподъемности включается в электрическую схему, а у кранов с механическим приводом – в схему специальных исполнительных механизмов. Принцип работы ограничителя следующий (рис. 5.12): одно звено грузового каната 5 в кране опирается на блок ограничителя грузоподъемности 2. Во время подъема груза, превышающего нормативный вес, канат натягивается и через блок 2 нагрузка  $F$  передается на шток 1, который через рычаг 3 нажимает на контактный выключатель 4, и подъемный механизм отключается.

Электрическая схема такого ограничителя грузоподъемности представлена на рис. 5.13. Датчиком ограничителя служит потенциометр  $R1$ , движок которого через зубчатый сектор и шестерню связан с подвижной частью динамометра таким образом, что по мере увеличения деформации поднимаемого груза сопротивление переменного резистора  $R11$  увеличивается.

Ограничитель работает следующим образом. При отсутствии перегрузки лампы  $L1-L3$  закрыты отрицательными напряжениями  $U_1$  и  $U_3$  на их управляющих сетках, снимаемыми соответственно с потенциометров  $R12$  и  $R11$ . По мере увеличения массы груза, а следовательно, и величины сопротивления  $R1$ , растет напряжение. При нагрузке, превышающей номинальную на 10–15 % (в зависимости

от настройки схемы), напряжение  $U_2$ , подаваемое через потенциометр  $R3$  на управляющую сетку лампы  $L1$ , открывает лампу. Реле  $P1$  срабатывает и своими контактами 7–8 включает звуковой и световой сигналы о перегрузке. Одновременно реле  $P1$  своими контактами 3–4, 5–6 подключает элемент выдержки времени ограничителя, состоящий из резисторов  $R5$ ,  $R7$ , конденсатора  $C1$  и лампы  $L2$ . Конденсатор  $C1$  перезаряжается с отрицательного  $U_3$  на положительное напряжение  $U_2$ . При появлении на управляющей сетке положительного потенциала лампа  $L2$  открывается и срабатывает реле  $P2$ , которое своими контактами отключает двигатель механизма подъема груза. Лампа  $L3$ , также питающая своим током обмотку реле  $P2$ , служит для мгновенного отключения крана при недопустимых перегрузках.

Для открывания ламп  $L1$  и  $L3$  при разных степенях перегрузок на их сетки подаются разные доли напряжения  $U_2$  датчика – на сетку лампы  $L1$  подается большая часть напряжения. Настройка схемы осуществляется вспомогательными потенциометрами  $R2-R4$ ,  $R15-R17$ .

Электрической блокировкой должна быть снабжена и дверь входа и выхода в кабину мостового крана, чтобы исключить работу крана при открытой двери.

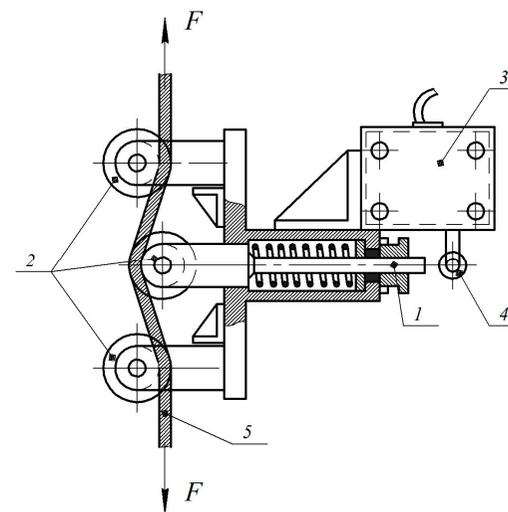


Рис. 5.12. Ограничитель грузоподъемности.

1 – шток; 2 – блоки; 3 – выключатель; 4 – рычаг выключателя; 5 – грузовой канат

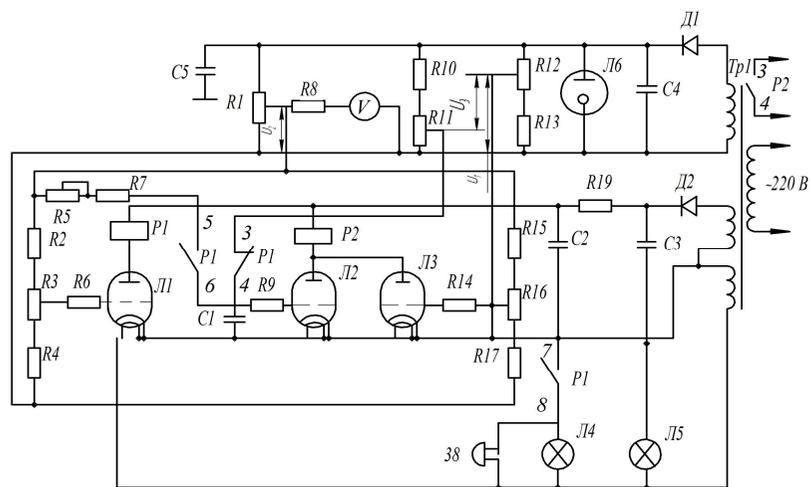


Рис. 5.13. Схема ограничителя грузоподъемности

Крановщик перед выходом из кабины на галерею крана должен выключить главный рубильник – обесточить кран. Если крановщик не выключил почему-либо рубильник, а блокировка отсутствует, то это создает опасность поражения током. Назначение блокировочного устройства и состоит в том, чтобы исключить эту опасность в подобной ситуации.

Очень редко, но все же случается, что канаты обрываются и блочные подвески падают, даже если на механизме подъема есть концевой выключатель. Обычно это бывает при одновременной работе на кране двух механизмов подъема. Скажем, крановщик выполнил работу механизмом малого подъема, и его грузовой крюк, освобожденный от груза, находится еще в крайнем нижнем положении. В это время понадобился более мощный механизм. Подана команда. И вот оба крюка механизма подъема в движении: малый – вверх, большой – вниз. При этом все внимание крановщика обращено на опускаемый крюк большого подъема и предстоящее зачаливание к нему груза. А тем временем крюк малого подъема бесконтрольно движется вверх. Осознав или увидев обстановку в последний момент, крановщик, спасая положение, пытается мгновенно перевести контроллер включения механизма малого подъема в нулевое положение или использовать контрток для торможения. В первом случае он

может впопыхах перевести контроллер через ноль в положение спуска, во втором он делает это сознательно. В обоих случаях тормоза расторможены, но блочная подвеска по инерции достигает упора, грузовой канат обрывается и подвеска падает на пол цеха, где находятся люди, ожидающие опускания крюка механизма большого подъема для зачалки к нему груза.

В данной ситуации крановщик обязан вывести крюк одного подъема вверх на высоту, не ожидая срабатывания концевых выключателей, установить контроллер в нулевое положение, а затем опустить крюк другого механизма подъема вниз.

Концевые выключатели устанавливаются также на механизмах передвижения крана и тележки, и являются ограничителями передвижения. Одни концевые выключатели, установленные на мосту крана, ограничивают передвижение тележки в обе стороны при подходе ее в крайнее положение, другие ограничивают передвижение мостового крана вдоль цеха или подход одного крана к другому.

Ограничители передвижения крана служат для отключения механизма передвижения в конечных участках подкранового пути. В его состав входит конечный выключатель, установленный на раме одной из ведущих тележек, и упоры, установленные на конечных участках подкранового пути. При проходе к конечным участкам подкранового пути вилка конечного выключателя упирается в специальный упор, прикрепленный к шпале, возвращается, размыкает электрическую цепь; электродвигатели механизма передвижения выключаются. Регулирование ограничителя передвижения заключается в правильной установке упоров конечных выключателей.

При этом выключатели механизма передвижения крана и тележки должны устанавливаться, когда скорость перед подходом их к упорам превышает 32 м/мин. Устанавливаются они так, чтобы двигатель отключался на расстоянии до упора, равном не менее половины пути торможения. Концевые выключатели на кране должны проверяться каждую смену и без груза. Периодически следует проверять прочность их крепления. При этом необходимо обращать внимание на затяжку винтов, крепление кулачковых шайб, исправность выключающих упоров, линеек и рычагов. Изношенные детали следует сразу же заменять новыми.

Запрещается пользоваться концевыми выключателями в качестве рабочих органов для автоматической остановки любых механизмов.

Ограничитель высоты поднятия крюка (рис. 5.14) служит для предотвращения упора крюковой подвески в барабан. Представляет собой устройство, которое автоматически выключает грузовую лебедку во время подхода крюка к барабану. При поднятии крюка 1 выше допустимой высоты упор крюковой подвески поднимает рычаг 2 и цепь размыкается.

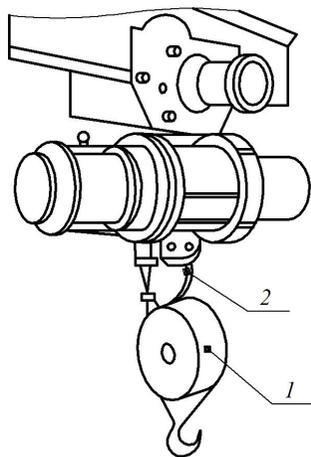


Рис. 5.14. Ограничитель высоты подъема крюка:  
1 – крюк; 2 – рычаг

Таким образом, ограничители предназначены для обеспечения безопасных границ движения машины или ее частей, а также для предупреждения аварий и поломок отдельных частей машины.

Однако практика показывает, что при нарушении правил безопасности, даже если есть автоматическая блокировка, может произойти несчастный случай.

Например, по пролету цеха с подвешенными к крюку отливками движется электромостовой кран. В это время по подкрановому пути ему навстречу идет на смену крановщик. Поравнявшись с краном, он без всякого предупреждения открывает дверь в торцевом ограждении и выходит на галерею. Что при этом происходит? При открывании дверей срабатывает блокировка. Кран останавливается. Но он передвигался на высокой скорости, и подвешенный к нему груз, в силу инерции проходит за счет косога натяжения каната

сначала вперед, затем делает обратное движение – груз качнулся. А в цехе в этом же пролете работали люди – и несчастный случай стал неизбежным.

#### 5.4. Требования к конструкциям блокировочных устройств

Блокировочные устройства не являются физическим препятствием для проникновения рабочего в опасную зону оборудования. Они срабатывают при ошибочных действиях работающего или опасных изменений режима работы машин при поступлении информации о наличии опасности травмирования через имеющиеся чувствительные элементы контактным и бесконтактным способом.

Отсутствие блокировочных устройств является причиной большинства несчастных случаев, связанных с обслуживанием передач привода. Рабочие открывают ограждение передач привода на ходу машины, ликвидируют технологические разладки, и травмируются открытыми передачами.

В связи с этим требования к конструкциям блокировочных устройств следующие:

1. Конструкция и расположение средств защиты не должны ограничивать технологические возможности производственного оборудования и должны обеспечивать удобство эксплуатации и технического обслуживания.

Требование выполнено, если правильно выбран вид блокировочного устройства, например механические блокировочные устройства установлены в узлах с любой массой и скоростью рабочих органов. Они основаны на принципе разрыва кинематической цепи. Имеется ряд механических блокировочных устройств, предназначенных для предотвращения опасности при нахождении рук оператора в рабочей зоне, и которые могут использоваться в различных производствах. Могут быть использованы электромеханические блокировочные устройства, в которых используется взаимодействие механического элемента с электрическим, в результате чего отключается система управления машиной.

Электрические блокировочные устройства могут быть использованы в узлах, где отключение электрической цепи приводит практически к мгновенной остановке рабочих органов, то есть имеющих невысокую скорость, малую массу или снабженных совершенной тормозной системой.

Там, где недопустима возможность пуска и автоматическая остановка электродвигателя машины при открытых или снятых оградительных устройствах, используются конечные выключатели, контакты которых замкнуты лишь при закрытом положении оградительных устройств. Дверца ограждения нажимает на штифт конечного выключателя, утапливает его и замыкает контакты. Следует иметь в виду, что данная блокировка не может быть рекомендована на оборудовании с большим инерционным выбегом – (то есть более 10 с).

В пожаро- и взрывоопасных производствах могут быть применены струйные устройства для защиты рук от попадания в опасную зону оборудования. Принцип их работы в следующем: при пересечении рукой работающего струи воздуха, истекающей из управляющего сопла, восстанавливается ламинарная струя между другими соплами, переключающими логический элемент, который подает сигнал на остановку рабочего органа, предотвращая травмирование руки рабочего. Такие устройства невосприимчивы к запыленности, сотрясениям и вибрациям.

Работа бесконтактных блокировочных устройств основана на фотоэлектрическом эффекте, ультразвуке, изменении амплитуды колебаний, температуры, скорости истечения воздушных струй. Датчики, передающие сигнал на исполнительные элементы при пересечении работающими границы опасной зоны оборудования, контролируют и преобразуют параметры, являющиеся, как правило, величинами неэлектрическими (например, индуктивное реле близости).

*2. Действие средств защиты не должно прекращаться раньше, чем закончится действие соответствующего опасного или вредного производственного фактора.*

Требование можно считать выполненным, если время доступа к опасному органу больше (или равно) времени действия опасного фактора (инерционный выбег, высокое давление, повышенная температура и др.). Например, если в автоклаве остывание обрабатываемого материала продолжается 40 минут, то блокировка должна

быть отрегулирована так, чтобы доступ в автоклав был возможен только по истечении этого времени.

*3. Средства защиты должны выполнять свое назначение непрерывно в процессе функционирования производственного оборудования или при возникновении опасной ситуации.*

Требование относится к надежности работы, его можно считать выполненным, если при проверке путем неоднократного (3–4 раза) воздействия на устройство оно срабатывало и выполняло свои функции до полного прекращения действия опасного органа. Оборудование, на котором обслуживание опасных рабочих органов осуществляется во время остановки, должно быть оснащено блокировкой органов управления, исключающей возможность пуска этих рабочих органов в период выполнения работ. Блокировка двухстворчатых дверей или крышек должна быть выполнена так, чтобы она обеспечивала невозможность пуска машины при открытом положении любой из этих дверей.

*4. Чувствительность блокировочных устройств должна быть достаточной, чтобы обеспечить моментальное срабатывание при действиях оператора или изменениях технологического процесса.*

Требование выполнено, если при попытке или незначительном открывании ограждения обеспечена полная остановка и отключение рабочих органов, либо снижение температуры, давления до безопасного значения.

## Контрольные вопросы и задания

1. В каких случаях применяют блокировочные устройства и для чего они служат?

2. Что называется блокировкой и какое основное требование предъявляется к защитной блокировке?

3. Приведите классификацию блокировочных устройств по назначению, принципу действия и исполнению.

4. Объясните принцип действия механической блокировки дверцы ограждения кривошипно-ползунного механизма.

5. Что собой представляют блокировочные устройства, которые применяют для предупреждения неправильных включений токарного

станка, приводящих к поломке станка, инструмента или ранению рабочего?

6. Приведите пример механической блокировки, которая обеспечивает связь между ограждением и тормозным (пусковым) устройством.

7. Назовите основные элементы электрических блокировочных устройств. Каким образом осуществляется электрическая взаимосвязь?

8. Где используется электромеханическая (комбинированная) блокировка? Приведите пример такой блокировки.

9. На чем основана работа фотоэлектрического блокировочного устройства?

10. На каком технологическом оборудовании с электроприводом применяются электронные и радиационные блокировки?

11. На каких агрегатах применяют пневматические и гидравлические устройства?

12. Принцип работы блокировочного устройства-ограничителя грузоподъемности при работе грузоподъемного оборудования.

13. Что представляет собой ограничитель высоты поднятия крюка и для чего он служит?

14. Какова должна быть конструкция и расположение блокировочных устройств производственного оборудования, чтобы обеспечивать удобство эксплуатации и технического обслуживания?

15. Как выполняют свое назначение блокировочные средства защиты в процессе функционирования производственного оборудования или при возникновении опасной ситуации?

## 6. ОГРАНИЧИТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА

### 6.1. Определение и классификация ограничительных устройств

Устройства, срабатывающие при нарушениях параметров технологического процесса или режима работы производственного оборудования, называются *ограничительными*. Они обеспечивают ликвидацию опасного фактора в источнике возникновения и предназначены для автоматического отключения агрегатов и машин при нарушении или отклонении какого-либо параметра технологического процесса, характеризующего режим работы оборудования, за пределы допустимых значений. Таким образом, при аварийных режимах (увеличение давления, температуры, рабочих скоростей, силы тока, крутящих моментов) исключается возможность взрывов, поломок, воспламенений.

Ограничительные устройства могут испытывать определенные нагрузки, особенно устройства, предназначенные для ограничения зоны возможного неорганизованного перемещения металла, материала, деталей оборудования при складировании и хранении, поэтому их прочность должна соответствовать статической и динамической нагрузкам.

Особую конструкцию представляют устройства, ограничивающие перемещение отдельных видов оборудования или грузов. Такие конструкции применяются на оптовых базах (тупиковые ограничители перемещения электроштабелеров, мостовых кранов, ограничители массы и высоты подъема грузов и др.).

В зависимости от характера опасного фактора различают ограничительные устройства, *защищающие от выхода за установленные предельные значения*:

– величины рабочего давления;

- величины электрического тока, напряжения и другие параметры;
- электроустановки;
- скорости движения;
- величины перемещения;
- загазованности производственной атмосферы;
- величины веса;
- величины передаваемого усилия;
- величины температуры.

Примерами ограничительных устройств являются элементы механизмов и машин, рассчитанные на разрушение (или срабатывание) при перегрузках. К слабым звеньям таких устройств относятся: срезные штифты и шпонки, соединяющие вал с маховиком, шестерней или шкивом; фрикционные муфты, не передающие движения при больших крутящих моментах; плавкие предохранители в электроустановках; разрывные мембраны в установках с повышенным давлением.

*Слабые звенья* делятся на две основные группы: звенья с автоматическим восстановлением кинематической цепи после того, как контролируемый параметр пришел в норму (например, муфты трения), и звенья с восстановлением кинематической цепи путем замены слабого звена (такие как штифты и шпонки). Срабатывание слабого звена приводит к останову машины на аварийных режимах, что позволяет исключить поломки, разрушения и, следовательно, травматизм.

Таким образом, особое значение в обеспечении безопасности труда имеют ограничительные устройства, не допускающие аварии при нарушении нормального режима работы машины.

К устройствам, предохраняющим от аварии, относятся предохранительные клапаны и мембраны; концевые выключатели, предназначенные для ограничения движения определенного органа машины (на ограничителях подъема и передвижения крана); электрические предохранители, перегорающие и прекращающие подачу электроэнергии при аварийном состоянии установки; электрические реле, отключающие установку при определенных условиях; срезаемые штифты в муфтах приводов, разрушающиеся при аварийных перегрузках в механизме и исключающие поломку деталей этого механизма. На кранах для предотвращения аварий устанавливаются ограничители грузоподъемности, подъема крюка, грузового

момента. На вертикальных и наклонных участках транспортирующих и грузоподъемных машин и на лифтах устанавливают ловители, удерживающие подвижные части оборудования от движения в обратном направлении при остановке и авариях.

## 6.2. Ограничительные устройства от механических перегрузок

*Ограничителями от механических перегрузок* служат срезающиеся штифты, пружинно-кулачковые, фрикционные и зубчато-фрикционные муфты, центробежные, пневматические и электронные регуляторы.

Для ограничения нагрузок на режущие инструменты вращающегося действия при различных системах передач применяются срезающиеся шпильки или штифты (цилиндрические или конические стержни для неподвижного соединения деталей или для фиксации их при сборке). Штифты (шпонки), являясь слабым звеном в системе передач, не позволяют превышать допустимые нагрузки на защищаемый узел. Шкив, шестерня, фреза или другие элементы оборудования соединяются с приводным валом посредством металлической шпильки или штифта, входящей одновременно в пазы приводного вала и передаточного механизма. При превышении допустимого значения нагрузки штифт срезается и защищаемый элемент (приводной вал) начинает вращаться вхолостую. Для возобновления работы необходимо заменить ограничительное устройство – штифт.

На рис. 6.1 представлено слабое звено (срезающий предохранитель) в виде штифта.

Диаметр штифта, мм, приводного вала, который обычно изготавливают из стали 45 или 65Г, определяется по формуле:

$$d_{шт} = \sqrt{\frac{4M_p}{\pi R \tau_{ср}}}, \quad (6.1)$$

где  $M_p$  – расчетный момент, Н·м;

$R$  – расстояние между осевыми линиями передающих валов и штифта, м;

$\tau_{\text{ср}}$  – предельное значение касательных напряжений на срез, МПа (для стали 45 и 65Г в зависимости от вида термообработки при статической нагрузке  $\tau_{\text{ср}} = 145\text{--}185$  МПа; при пульсирующей нагрузке  $\tau_{\text{ср}} = 105\text{--}125$  МПа; при симметричной знакопеременной нагрузке  $\tau_{\text{ср}} = 80\text{--}95$  МПа). Для расчетов рекомендуют принимать меньшие значения.

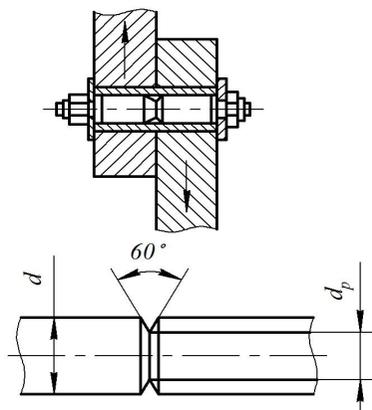


Рис. 6.1. Срезающий предохранитель

Обычно расчетный момент  $M_p$  принимают на 10–20 % выше предельного допустимого момента  $M_{\text{пр}}$ :

$$M_p = (1,1\text{--}1,2)M_{\text{пр}} \quad (6.2)$$

Более совершенными устройствами, автоматически отключающими рабочие органы при их перегрузке, являются *предохранительные муфты*, позволяющие регулировать величину передаваемого вращающего (крутящего) момента, чем предохраняют машины от поломок при перегрузках.

Для изготовления деталей предохранительных муфт в зависимости от типа муфты применяют конструкционные стали, чугун СЧ30, пластмассовые материалы (пластики) и др. Главным достоинством пластиковой муфты является ее легкость и стойкость во влажной среде. Такие муфты применяются в насосных станциях, гидротехнических сооружениях. Штифты для муфт с разрушающимся элементом изготавливают из стали 45, втулки – из стали 40Х с закалкой.

При маловероятных перегрузках применяют *предохранительные муфты с разрушающимся элементом*, например со *срезным штифтом* (рис. 6.2). Такая муфта состоит из дисковых полумуфт 1 и 2, соединяемых металлическим штифтом 3, вставленным в термически обработанную втулку 4. При возникновении перегрузки штифт срезается, и муфта разъединяет валы. Они просты по конструкции, малогабаритны, отличаются компактностью и высокой точностью срабатывания. Недостатком таких муфт является необходимость замены срезанных при перегрузке штифтов.

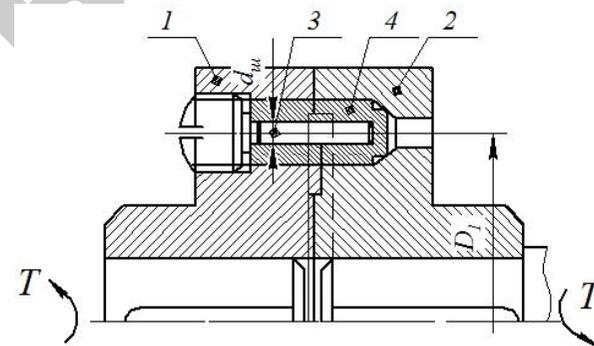


Рис. 6.2. Предохранительная муфта со срезным штифтом: 1, 2 – полумуфты; 3 – срезной штифт; 4 – закаленные втулки

Расчет муфты заключается в определении диаметра штифтов  $d_{\text{шт}}$ , мм, с учетом их количества в муфте:

$$d_{\text{шт}} = 1,128 \sqrt{\frac{T_p K_z}{z R \tau_{\text{в ср}}}} \quad (6.3)$$

где  $T_p$  – расчетный крутящий момент, Нм;

$K_z$  – коэффициент неравномерности распределения нагрузки между штифтами (при числе  $z = 1$ ,  $K_z = 1$ , при  $z = 2$ ,  $K_z = 1,2$ , а при  $z = 3$ ,  $K_z = 1,3$ );

$R$  – расстояние между осью передающих момент валов и осью штифта, м;

$\tau_{\text{в ср}}$  – предел прочности материала штифта на срез, МПа.

Штифты обычно изготавливают из среднеуглеродистой стали 35, 40, 45.

Для повышения точности срабатывания муфты на штифтах в месте их разрушения протачивается канавка, которая также снижает опасность повреждения полумуфт.

Муфты с одним штифтом имеют более высокую точность срабатывания, но при этом возникают передающиеся на валы поперечные нагрузки, которые можно компенсировать установкой нескольких штифтов.

При определении диаметра штифтов расчетный крутящий момент  $T_p$ , Н·м, принимается на 10–25 % больше момента, передаваемого муфтой:

$$T_p = (1,1-1,25)T, \quad (6.4)$$

где  $T$  – номинальный крутящий момент, передаваемый муфтой, Н·м.

Предел прочности на срез для материала, из которого изготовлены штифты,  $\tau_{в\text{ ср}}$  (МПа), принимают: для стали 35 нормализованной – 405, улучшенной – 487; для стали 40 улучшенной – 525; для стали 45 нормализованной – 457,5, улучшенной – 562,5.

Наибольшее распространение получили предохранительные пружинно-шариковые, пружинно-кулачковые и фрикционные муфты.

*Предохранительная пружинно-шариковая муфта* осевого действия (рис. 6.3) имеет ведущую полумуфту 1, посаженную на вал 2 и являющуюся одновременно зубчатым колесом. Ведомая полумуфта 4 также свободно посажена на вал. Своими шлицами она связана с барабаном 7 и может по шлицам перемещаться в осевом направлении. В обеих полумуфтах на определенном расстоянии вставлено одинаковое количество шариков 3. Ведомая полумуфта прижимается к ведущей пружиной 5. Сила нажатия пружины регулируется гайкой 6. Крутящий момент передается через шарики от ведущей полумуфты 1 на ведомую 4, затем через шлицы – на барабан 7 и далее через шпонку 8 – на вал 2. При превышении заданной величины крутящего момента шарики начнут проскальзывать, благодаря чему осуществляется предохранение привода от перегрузки.

Для предупреждения аварии при перегрузке грузоподъемного оборудования используют предохранительную пружинно-кулачковую муфту.

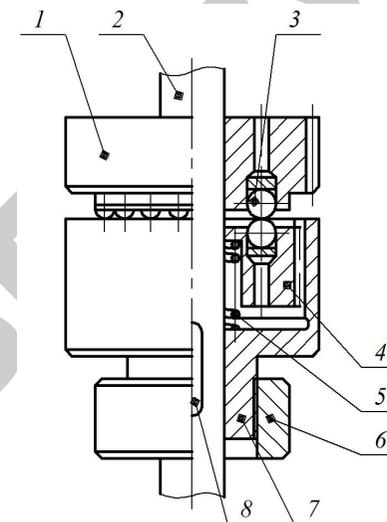


Рис. 6.3. Предохранительная пружинно-шариковая муфта:  
1 – ведущая полумуфта; 2 – вал; 3 – шарики; 4 – ведомая муфта;  
5 – пружина; 6 – гайка; 7 – барабан; 8 – шпонка

*Пружинно-кулачковая муфта* – самоуправляемая предохранительная муфта, которая состоит из двух размещенных на концах валов полумуфт, взаимодействующих между собой с помощью радиально расположенных на их торцах выступов и впадин (зубьев), одна из полумуфт подвижна в осевом направлении и прижата к другой полумуфте пружиной (рис. 6.4).

В конструкции, изображенной на рис. 6.4, ведущая полумуфта 1 сопрягается с ведомой 2 через зубья 3. Ведомая полумуфта может свободно перемещаться в продольном направлении по валу. При отведении подвижной полумуфты от взаимодействия с неподвижной, валы могут вращаться независимо. Прижатие ведомой полумуфты к ведущей обеспечивается пружиной 4 с регулируемым усилием сжатия. Кулачки выполняют с трапециевидным профилем малой высоты с углом наклона рабочих граней 45–60°.

При перегрузке муфты от действия окружной силы  $F_t$  в зацеплении возникает осевая сила  $F_a = F_t \operatorname{tg} \alpha$  (рис. 6.4, вид А), которая на гранях кулачков превышает прижимную силу пружины, и муфта многократно проскакивает кулачками. При этом создается звуковой

эффект, сигнализирующий о срабатывании механизма муфты. При высокой надежности работы таких муфт повторные срабатывания кулачков приводят к их ускоренному износу, вследствие чего такие муфты используют в приводах с небольшой частотой вращения для передачи крутящих моментов от 4 до 400 Н·м.

Под действием максимального крутящего момента кулачки полумуфт смещаются относительно друг друга и выходят из зацепления (рис. 6.5).

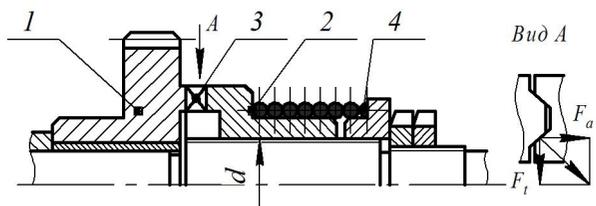


Рис. 6.4. Конструкция пружинно-кулачковой муфты:  
1 – ведущая полумуфта; 2 – ведомая муфта; 3 – зубья;  
4 – пружина

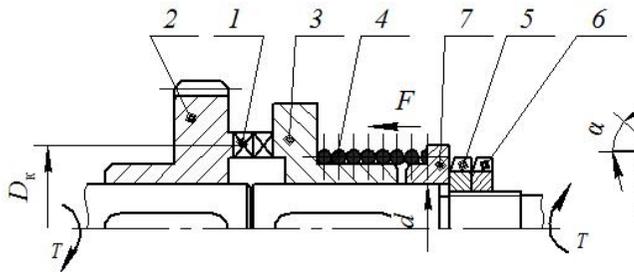


Рис. 6.5. К расчету пружинно-кулачковой муфты:  
1 – кулачки; 2, 3 – полумуфты; 4 – пружина;  
5, 6 – гайка и контргайка; 7 – втулка

Расчет кулачковой муфты заключается в правильном конструктивном определении ее размеров с целью выполнения условия выключения муфты при предельной нагрузке, а также в определении силы предварительного сжатия пружины муфты и силы сжатия пружины при срабатывании муфты с последующим расчетом и подбором пружины необходимых размеров и жесткости.

Условие выключения муфты выполняется, если

$$K_d \left[ \operatorname{tg}(\alpha - \beta) - \frac{D_k f}{\alpha} \right] \geq \operatorname{tg} \alpha, \quad (6.5)$$

где  $K_d = 1-6$  – коэффициент динамичности привода, принимаемый в зависимости от наименований машин, механизмов;

$\alpha = 45-60^\circ$  – угол наклона боковой поверхности кулачка;

$\beta = 2-8^\circ$  – угол трения боковой поверхности кулачка;

$D_k$  – диаметр окружности точек приложения окружного усилия к кулачкам, м;

$f = 0,1-0,15$  – коэффициент трения в шлицевом или шпоночном соединении (при сухом трении чугуна по чугуну или закаленной стали  $f = 0,15$ ; при наличии смазки для этих пар трения  $f = 0,08$ ; для пары закаленная сталь – закаленная сталь при наличии смазки  $f = 0,06$ );

$d$  – диаметр вала, м.

Сила сжатия  $F$  пружины 4, определяющая момент срабатывания муфты, создается предварительной деформацией пружины гайкой 5, которая фиксируется в отрегулированном положении гайкой 6. Сидящая на шпонке втулка 7 не позволяет пружине закручиваться при ее сжатии гайкой 5.

Сила предварительного сжатия пружины муфты  $F$ , Н, определяется по формуле:

$$F = \frac{2T}{D_k \left[ \operatorname{tg}(\alpha - \beta) - \frac{D_k f}{\alpha} \right]}, \quad (6.6)$$

где  $T$  – номинальный крутящий момент, передаваемый муфтой, Н·м.

Сила сжатия пружины при срабатывании муфты под действием предельной нагрузки  $F_c$ , Н, определяется из выражения:

$$F_c = \frac{2T_p}{D_k \left[ \operatorname{tg}(\alpha - \beta) - \frac{D_k f}{\alpha} \right]}, \quad (6.7)$$

где  $T_p$  – расчетный момент срабатывания муфты,  $T_p = k_3 T$ , Н·м.

Следовательно

$$F_c = k_3 F, \quad (6.8)$$

где  $k_3$  – коэффициент запаса (перегрузки), равный 1,45.

Пружины сжатия навивают с просветом между витками. Зазор между витками во избежание их соприкосновения при сжатии пружины  $\delta \approx 0,1d$ , мм, где  $d$  – диаметр проволоки, из которой свита пружина, мм.

Шаг пружины  $P \approx 1,1 d$ , мм.

Для образования опорной поверхности, перпендикулярной к продольной оси пружины, крайние витки поджимают и сошлифовывают (рис. 6.6).

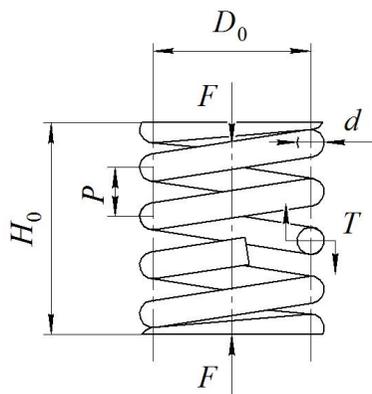


Рис. 6.6. Пружина сжатия с поджатыми и сошлифованными крайними витками

В сечении витка пружины действует крутящий момент

$$T = \frac{F_c D_0}{2} \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Поэтому винтовые пружины рассчитывают на кручение.

Диаметр проволоки, из которой свита пружина,  $d$ , мм, определяют по формуле:

$$d = 1,6 \sqrt{\frac{k F_c C}{[\tau]}}, \quad (6.9)$$

где  $k$  – поправочный коэффициент, учитывающий влияние кривизны витков и поперечной силы, принимаемый в пределах 1,11–1,37;

$C$  – индекс пружины, определяемый как  $C = D_0/d$ , где  $D_0$  – средний диаметр витков пружины, мм;

$[\tau]$  – допускаемое напряжение при кручении, МПа.

Выбирая индекс пружины, следует придерживаться следующих рекомендаций: при диаметрах  $d$ , мм, до 2,5; 3–5; 6–12 индекс пружины  $C$  соответственно равен 5–12; 4–10; 4–9.

После расчета диаметра пружинной проволоки по формуле (6.9) окончательное значение принимают по ГОСТ 9389–75 «Проволока стальная углеродистая пружинная».

Условие прочности для пружины из проволоки принятого диаметра имеет вид

$$\tau = \frac{8kFC}{(\pi d)} \geq [\tau]. \quad (6.10)$$

Изменение высоты винтовой пружины сжатия из проволоки круглого сечения  $\lambda_p$ , мм, определяется по формуле:

$$\lambda_p = \frac{8F_c C^3 n}{Gd}, \quad (6.11)$$

где  $n$  – число рабочих витков пружины (у пружин сжатия рабочее число витков на 1,5–2 меньше полного числа витков из-за того, что крайние витки поджимают и сошлифовывают, и они в деформации не участвуют);

$G$  – модуль сдвига (для стали  $G = 8 \cdot 10^4$  МПа).

Пружинно-кулачковые муфты ставят как можно ближе к месту возможного возникновения перегрузки. Они могут работать только при строгой соосности валов. Одной из наиболее отработанных конструкций этого типа муфт является предохранительная муфта в патронах для метчиков.

Предохранительные муфты являются более совершенными устройствами и позволяют автоматически восстанавливать работу оборудования после прекращения действия перегрузки. На рис. 6.7 показана *фрикционная предохранительная дисковая муфта* с двумя поверхностями трения, которая встраивается в шкив клиноременной передачи. На вал 7 с помощью шпонки посажена ступица 6, являющаяся одновременно ведомым диском с фрикционными накладками 8. Ступица 6 посредством пружин 4, соединенных с нажимным диском 5 при помощи болтов 3, прижимается к диску шкива 1. Сила нажатия пружин регулируется болтами 3. Шкив 1 вместе с втулкой 2 свободно вращается на валу. При достижении крутящим моментом максимального значения, превышающего момент трения, муфта начинает проскальзывать, предохраняя привод от перегрузки.

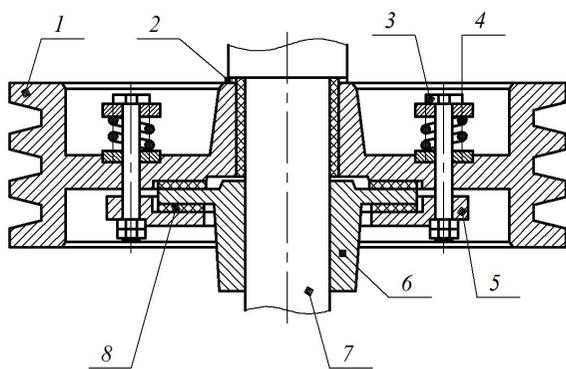


Рис. 6.7. Фрикционная предохранительная дисковая муфта:  
1 – шкив; 2 – втулка; 3 – регулируемый болт; 4 – пружина;  
5 – нажимной диск; 6 – ступица; 7 – вал; 8 – фрикционная накладка

*Муфты фрикционного типа* автоматически срабатывают в случае превышения вращающего момента, на который их предварительно настраивают. Условие выключения зубчатой фрикционной предохранительной муфты:

$$\frac{M_p}{M_{\text{пред}}} \left[ \operatorname{tg}(\alpha - \beta) - \frac{D}{d} f_1 \right] \geq \operatorname{tg} \alpha, \quad (6.12)$$

где  $M_p$  – расчетный вращающий момент, Н·м;

$M_{\text{пред}}$  – предельно допустимый вращающий момент, Н·м;

$\alpha$  – угол наклона боковой поверхности кулачка ( $\alpha = 25-35^\circ$ );

$\beta$  – угол трения боковой поверхности кулачка ( $\beta = 3-5^\circ$ );

$D$  – диаметр окружности точек приложения окружного усилия к кулачкам, м;

$d$  – диаметр вала, м;

$f_1$  – коэффициент трения в шпоночном соединении подвижной втулки ( $f_1 = 0,1-0,15$ ).

Предохранительные муфты для цепных и ременных передач сельскохозяйственных машин с зубчато-фрикционными шайбами стандартизированы.

### 6.3. Предохранительные клапаны и их расчет

Предохранительные клапаны предназначены для обеспечения безопасной эксплуатации установок и предотвращения аварий. Применяются на резервуарах, котлах, емкостях, сосудах или трубопроводах для автоматического выпуска (сброса) жидких, газообразных сред и пара из системы высокого давления (при превышении давления в ней свыше допустимого) в атмосферу или в систему низкого давления.

При повышении давления рабочей среды сверх установленного золотник клапана поднимается, открывая проходное сечение, и происходит сброс среды.

При снижении давления в аппарате до давления обратной посадки (давления закрытия) золотник опускается на седло, и сброс среды прекращается. Затем давление до клапана восстанавливается до рабочего (давления настройки).

В качестве предохранительных устройств допускается применять:

- *рычажно-грузовые* предохранительные клапаны прямого действия;
- *пружинные* предохранительные клапаны прямого действия;
- *импульсные* предохранительные устройства, состоящие из импульсного клапана и главного предохранительного клапана.

Установка тех или иных предохранительных клапанов на оборудовании определяется нормативными документами Госгортехнадзора Республики Беларусь.

В рычажно-грузовом предохранительном клапане (рис. 6.8) выход пара из клапана закрывается тарелкой 8, которая грузом 3, закрепленным на рычаге 9, прижимается к седлу 7, вставленному в корпус 6. Направляющие ребра тарелки не дают ей перекашиваться относительно седла. Рычажный контрольный клапан после настройки закрывают в кожух 7 и закрывают на замок 4. Для проверки работы клапана к рычагу прикрепляют цепочку 2, которую пропускают через крышку кожуха. Для выхода пара в корпусе имеется отверстие.

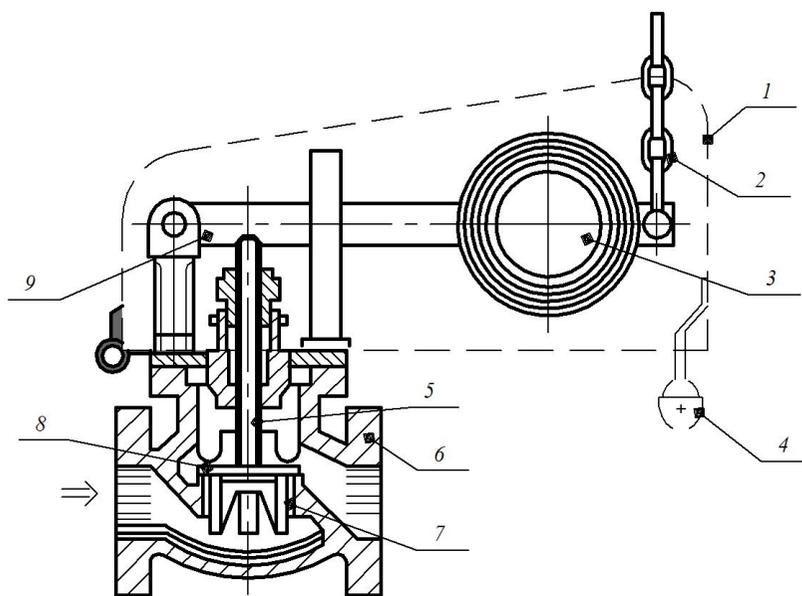


Рис. 6.8. Предохранительный рычажно-грузовой клапан:

1 – кожух предохранительного клапана; 2 – цепочка для подрыва клапана; 3 – груз; 4 – замок; 5 – шток; 6 – корпус; 7 – седло; 8 – тарелка; 9 – рычаг; => – направление движения потока

Схема работы предохранительного рычажно-грузового клапана на сбросном трубопроводе представлена на рис. 6.9.

За счет грузов 5 и рычага 2 клапан 3 плотно прижимается к седлу 4. При достижении средней давления в трубопроводе, равного

давлению срабатывания клапана, клапан приподнимается вместе с рычагом, и пар или вода выходят из системы, давление при этом понижается. С помощью грузов 5 можно регулировать давление срабатывания (подъема из седла) клапана. К недостаткам таких клапанов следует отнести их громоздкость, быстрый износ зеркала седла под действием струи среды.

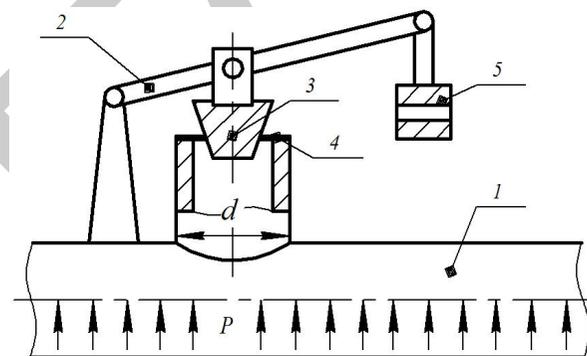


Рис. 6.9. Схемы работы предохранительного рычажно-грузового клапана:

1 – трубопровод; 2 – рычаг; 3 – клапан; 4 – седло клапана; 5 – регулировочный груз

**Пример 6.1.** Предохранительный клапан *A* парового котла соединен стержнем *AB* с однородным рычагом *CD* длиной 50 см и силой тяжести 10 Н, который может вращаться вокруг неподвижной оси *C*; диаметр клапана  $d = 6$  см, плечо  $CB = 7$  см (рис. 6.10). Какой груз *G* нужно подвесить к концу *D* рычага для того, чтобы клапан сам открывался при давлении в котле  $p = 110$  Н/см<sup>2</sup>.

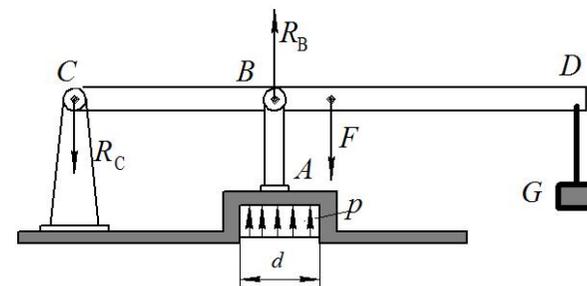


Рис. 6.10. Расчетная схема предохранительного клапана парового котла

*Решение.* Рассмотрим равновесие рычага  $CD$ . Реакция  $R_B$  клапана будет направлена вверх и равна

$$R_B = p \frac{\pi d^2}{4} = 110 \cdot \frac{3,14 \cdot 6^2}{4} = 3109 \text{ Н.}$$

Так как реакцию  $R_C$  шарнира  $C$  определять не нужно, то составим уравнение моментов относительно точки  $C$ :

$$\Sigma M_C = 0; -G \times CD - F \frac{CD}{2} + R_B CB = 0.$$

Подставим значения и определим  $G$ :

$$G = \frac{R_B CB - F \frac{CD}{2}}{CD} = \frac{3109 \cdot 7 - 10 \cdot \frac{50}{2}}{50} = 430 \text{ Н.}$$

Рычажно-грузовые клапаны имеют относительно небольшую пропускную способность и при превышении давления сверх допустимого значения выбрасывают рабочий газ или пар в окружающую среду. Поэтому в сосудах, работающих под давлением токсичных или взрывоопасных веществ, обычно устанавливают *пружинные клапаны закрытого типа* (рис. 6.11), сбрасывающие вещество в специальный, соединенный с аварийной емкостью трубопровод. Пружинные клапаны – более совершенной конструкции, чем рычажно-грузовые. Они имеют меньшую инерционность, меньшую массу и габаритные размеры, обеспечивают высокие значения пропускной способности при сравнительно малых превышениях давления в защищаемой системе. Время открытия этих клапанов – 0,008–0,04 с.

В приваренном к трубопроводу корпусе  $1$  в верхней части имеется отверстие с резьбой, куда вворачивается натяжной винт  $2$ . Винт внутри полый, и внутри этой полости может свободно двигаться шток  $3$ , на конце которого закреплена тарелка клапана  $6$ . Нижний конец винта  $2$  с шайбой  $4$  является упором для пружины  $5$ , которая прижимает с определенной силой тарелку  $6$  к седлу клапана  $8$ . За счет вкручивания винта  $2$  или его выкручивания можно

регулировать силу прижатия тарелки к седлу клапана, то есть регулировать давление открытия клапана. Корпус  $1$  имеет в верхней вертикальной части каналы для прохода среды при срабатывании клапана.

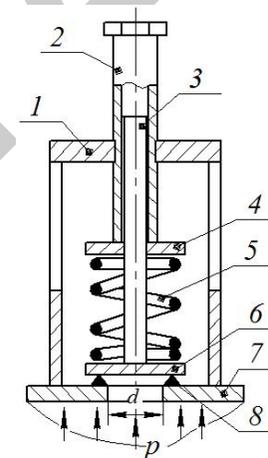


Рис. 6.11. Пружинный предохранительный клапан:

1 – корпус; 2 – натяжной винт с резьбой; 3 – шток; 4 – упорная шайба; 5 – пружина; 6 – тарелка клапана; 7 – трубопровод; 8 – седло клапана

Основной недостаток предохранительных клапанов – их инерционность, то есть обеспечение защитного действия только при постепенном нарастании давления в сосуде, на котором они установлены.

*Импульсные предохранительные устройства (ИПУ)* предназначены для обеспечения безопасной работы оборудования и систем электростанций путем защиты от превышения давления рабочей среды (насыщенного или перегретого водяного пара) выше допустимой величины и устанавливаются на паровых котлах с рабочим давлением более 3,9 МПа.

ИПУ срабатывают автоматически и, открываясь, сбрасывают избыток рабочей среды в атмосферу. Они предназначены для установки на барабанах и выходных коллекторах котлоагрегатов с номинальным давлением пара 10, 14 и 25,5 МПа, на «холодных» и «горячих» линиях трубопроводов промежуточного перегрева

Марки и характеристики наиболее употребительных предохранительных клапанов

пара, а также на трубопроводах редуцированного и охлажденного пара (за редуциционно-охлаждительными установками) с условным давлением 6,3 МПа. Главным отличием импульсных клапанов (ИК), входящих в состав ИПУ, поставляемых для защиты котлоагрегатов, от тех, что поставляются для трубопроводов промежуточного перегрева, а также редуцированного и охлажденного пара, является их оснащение электромагнитным приводом, который обеспечивает высокую точность срабатывания (открытия и закрытия) этих клапанов и ИПУ в целом. Такой электромагнитный привод имеет в своей основе два электромагнита, которые обеспечивают своевременное открытие и закрытие устройства.

Настройка ИПУ на заданное давление открытия и закрытия производится только импульсным клапаном. Это обеспечивается путем установки груза на рычаге ИК в положение, обеспечивающее открытие клапана при давлении настройки. Закрывается ИК и ИПУ в целом при давлении более низком, чем номинальное. При потере электрического питания в схеме управления предохранительное устройство срабатывает под действием груза на рычаге импульсного клапана.

Пропускную способность предохранительных клапанов и их число следует выбирать так, чтобы в защищаемой системе не создавалось давление, превышающее избыточное рабочее давление более чем на 0,05 МПа при избыточном рабочем давлении в системе до 0,3 МПа включительно; на 15 % – при избыточном рабочем давлении в системе до 6 МПа включительно и на 10 % – при избыточном рабочем давлении свыше 6 МПа.

Предохранительные клапаны должны устанавливаться на патрубках или трубопроводах, непосредственно присоединенных к сосуду, и в местах, доступных для их обслуживания.

Установка запорной арматуры между сосудом и предохранительным устройством, а также за ним не допускается.

В табл. 6.1 приведены марки и характеристики наиболее употребительных предохранительных клапанов.

Выпускное сечение предохранительных клапанов должно быть таким, чтобы выпускать весь избыточный пар или газ, вырабатываемый установкой в течение 1 ч, без заметного повышения предельного давления.

Наименование и краткая характеристика (давление приводится в МПа, а диаметр в мм)	Условное обозначение	Рабочая среда	Температура рабочей среды, °С
1. Малоподъемный рычажно-грузовой фланцевый, чугунный, на $P_y$ 1,6; $D_y$ 25 и 40 мм	17ч3бр1	Вода, пар и другие жидкие и газообразные неагрессивные среды	от -15 до +225
2. Малоподъемный рычажно-грузовой фланцевый, чугунный на $P_y$ 1,6; $D_y$ 50,80 и 100 мм	17ч18бр	То же	до 225
3. Малоподъемный пружинный цапковый, стальной, на $P_y$ 1,6; $D_y$ 15 и 25 мм	17с11нж	Аммиак, хладон и другие жидкие и газообразные среды	от -40 до +150 ( $D_y$ 15 мм) и -40 до +225 ( $D_y$ 25 мм)
4. Малоподъемный пружинный фланцевый, стальной на $P_y$ 1,6; $D_y$ 50 мм	17с12нж	То же	от -40 до +225
5. Полноподъемный пружинный фланцевый, стальной, на $P_y$ 1,6; $D_y$ 50 и 80 мм	17с22нж	Жидкие и газообразные неагрессивные среды	до 400
6. Полноподъемный пружинный цапковый, стальной на $P_y$ 0,8; $D_y$ 25 мм	17с42нж	Пар и другие неагрессивные газообразные среды	до 200
7. Полноподъемный пружинный муфтовый, стальной, $P_y$ 10; $D_y$ 25 мм	СППКМ-100	Жидкие и газообразные неагрессивные химические и нефтяные среды	до 450

Примечания:

1. Малоподъемные клапаны характеризуются тем, что открытие клапана (подъем золотника) происходит равномерно, при превышении давления в системе над давлением начала открытия. При подъеме золотника равномерно увеличивается пропускная способность клапана.

2. Полноподъемные клапаны характеризуются быстротой срабатывания на полный ход золотника. Они обеспечивают высокие значения пропускной способности при сравнительно малых превышениях давления в защищаемой системе.

3. К преимуществам малоподъемных клапанов перед полноподъемными относятся: пропорциональность характеристики и способность открываться так, чтобы был обеспечен фактический аварийный расход; возможность их использования для жидких и газообразных сред.

Для определения проходного сечения предохранительных клапанов используют теорию истечения газов из отверстия исходя из следующей зависимости:

$$Q = \mu S_k p \sqrt{\frac{g M k}{R T} \left(\frac{1+k}{2}\right)^{\frac{k+1}{k-1}}}, \quad (6.13)$$

где  $Q$  – пропускная способность клапана, кг/ч;

$\mu$  – коэффициент истечения (для круглых отверстий  $\mu = 0,85$ );

$S_k$  – площадь сечения клапана, см<sup>2</sup>;

$p$  – давление под клапаном, Па;

$g = 9,81 \text{ с}^2$  – ускорение свободного падения;

$M$  – молекулярная масса газов или паров, проходящих через клапан;

$k = c_p c_v$  – отношение теплоемкостей при постоянном давлении и постоянном объеме (для водяного пара  $k = 1,3$ ; для воздуха  $k = 1,4$ );

$R$  – газовая постоянная, кДж/(кг·К):

– для водяного пара  $R = 461,5 \text{ кДж/(кг·К)}$ ;

– для воздуха  $R = 287 \text{ кДж/(кг·К)}$ ;

$T$  – абсолютная температура среды в защищаемом сосуде, К.

Подставив в формулу (6.13) значения  $\mu$ ,  $g$ ,  $R$  и среднее значение  $k$  при известном значении  $Q$ , можно определить площадь сечения предохранительного клапана, см<sup>2</sup>,

$$S_k = \frac{Q}{216 \rho \sqrt{\frac{M}{T}}}. \quad (6.14)$$

Число и суммарное сечение предохранительных клапанов находят из выражения:

$$n d_k h_k = K_k \frac{Q_k}{\rho_k}, \quad (6.15)$$

где  $n$  – число клапанов (на котлах паропроизводительностью  $\leq 100$  кг/ч допускается установка одного предохранительного клапана,

при паропроизводительности котла более 100 кг/ч его снабжают не менее чем двумя предохранительными клапанами);

$d_k$  – внутренний диаметр тарелки клапана, см ( $d_k = 2,5$ –12,5 см);

$h_k$  – высота подъема клапана, см;

$K_k$  – коэффициент:

– для клапанов с малой высотой подъема при  $h_k \leq 0,05 d_k$   $K_k = 0,0075$ ;

– для полноподъемных клапанов при  $0,05 d_k < h_k \leq 0,25 d_k$   $K_k = 0,015$ );

$Q_k$  – производительность котла по пару при максимальной нагрузке, кг/ч;

$\rho_k$  – абсолютное давление пара в котле, Па.

Суммарная пропускная способность устанавливаемых на паровом котле предохранительных клапанов должна быть не менее номинальной паропроизводительности котла.

При проектировании диаметр для прохода среды  $d$  каждого предохранительного клапана принимается по расчету. Для котлов он рассчитывается по наибольшей его производительности мм:

– при установке котлов с естественной циркуляцией

$$d = 516 \cdot \frac{Q}{n h_k}, \quad (6.16)$$

– при установке котлов с принудительной циркуляцией

$$d = 258 \cdot \frac{Q}{n h_k}, \quad (6.17)$$

где  $Q$  – максимальная теплопроизводительность котла, МВт;

$n$  – количество клапанов;

$h_k$  – высота подъема клапана, мм.

При расчете тепловой мощности котла  $Q_k$  необходимо учитывать температуру перегрева пара и его давление, а также температуру питательной воды.

Диаметры предохранительных клапанов должны приниматься по расчету, но не менее 40 мм при производительности котла до 280 кВт и не менее 50 мм при большей производительности.

Диаметр прохода (условный) рычажно-грузовых и пружинных клапанов должен быть не менее 20 мм.

Допускается уменьшение условного прохода клапанов до 15 мм для котлов паропроизводительностью до 0,2 т/ч и давлением до 0,8 МПа при установке двух клапанов.

**Пример 6.2.** Рассчитать диаметр минимального проходного сечения предохранительного клапана, устанавливаемого на барабане парового котла ДЕ-10-14. Паропроизводительность котла  $D$  составляет 10 т пара в час.

*Решение.* Определим тепловую мощность парового котла  $Q_k$ , МВт:

$$Q_k = \frac{D}{3,6} (i_{\text{ип}} - i_{\text{пв}}) \cdot 10^{-3} = \frac{10}{3,6} (3000 - 460) \cdot 10^{-3} = 7,05.$$

Здесь для котла ДЕ-10-14 принято: энтальпия пара  $i_{\text{ип}} = 3000$  кДж/кг, энтальпия питательной воды  $i_{\text{пв}} = 460$  кДж/кг.

Так как котел работает с естественной циркуляцией воды в экранных трубах и трубах конвективного пучка, то для определения минимального диаметра клапана для прохода среды  $d$  используем формулу (6.16):

$$d = 516 \cdot \frac{Q}{nh_k} = 516 \cdot \frac{7,05}{1 \cdot 40} = 90,9 \text{ мм.}$$

Здесь принято, что устанавливаем один рабочий клапан  $n = 1$ , а высота подъема клапана  $h_k = 40$  мм.

#### 6.4. Выбор конструкции и материала предохранительных мембран и их расчет на заданное давление

Предохранительные мембраны предназначены для защиты различных аппаратов от разрушения в случае превышения рабочего давления жидких или газообразных сред. При достижении критического давления мембраны разрушаются, обеспечивая сброс давления в аппарате. По сравнению с предохранительными клапанами мембраны имеют ряд преимуществ: в них нет подвижных частей, они обеспечивают более надежную герметичность при нормальной работе аппарата и имеют меньшую инерционность при срабатывании.

Мембранные предохранительные устройства устанавливаются в следующих случаях:

- вместо рычажно-грузовых и пружинных предохранительных клапанов, когда эти клапаны в рабочих условиях конкретной среды не могут быть использованы вследствие их инерционности или др. причин;
- перед предохранительными клапанами в случаях, когда они не могут надежно работать вследствие вредного воздействия рабочей среды (коррозия, эрозия, полимеризация, кристаллизация, прикипание, примерзание) или возможных утечек через закрытый клапан взрыво- и пожароопасных, токсичных, экологически вредных веществ;
- параллельно с предохранительными клапанами для увеличения пропускной способности систем сброса давления;
- на выходной стороне предохранительных клапанов для предотвращения вредного воздействия рабочих сред со стороны сбросной системы и для исключения влияния колебаний противодавлений со стороны этой системы на точность срабатывания предохранительных клапанов.

К основным типам предохранительных мембран относятся разрывные, выщелкивающие, ломающиеся, срезные, отрывные и комбинированные (рис. 6.12–6.17).

Наиболее простыми и распространенными являются *разрывные мембраны* – плоские и предварительно выпученные (куполообразные) (рис. 6.12, 6.13). Такие мембраны применяются при давлении до 60 МПа (до 600 кгс/см<sup>2</sup>). Условный проход мембран определяется стандартными размерами фланцев, на которых их устанавливают, и составляет обычно от 25 до 500 мм в зависимости от давления в защищаемом аппарате.

Предварительно выпученные мембраны обладают большей точностью срабатывания по сравнению с плоскими, удобны при монтаже и в эксплуатации; кроме того, при их формообразовании (выпучивании) дефектные мембраны могут быть отбракованы.

Разрывные мембраны изготовляют из тонколистовых материалов с учетом свойств и температуры рабочих сред. После установки разрывной мембраны в держателях ей придают сферическую форму, нагружая давлением выпучивания  $p_v$ . Предварительное выпучивание способствует уменьшению разницы между разрушающими давлениями при статическом и динамическом нагружениях. Исследования показывают: чем меньше разность ( $p_{\text{разр}} - p_{\text{раб}}$ ), тем выше

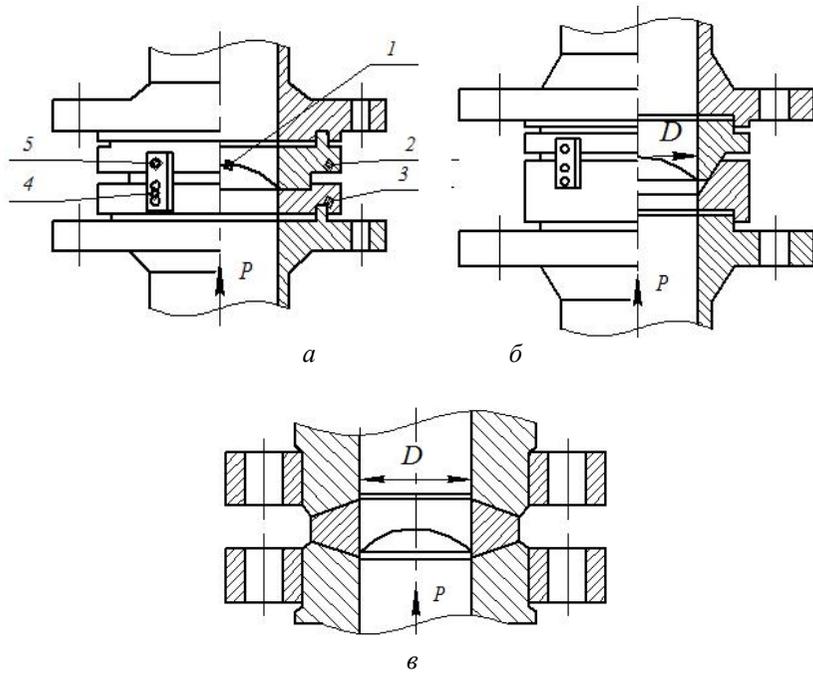


Рис. 6.12. Разрывные предохранительные мембраны без концентраторов напряжений:

*a* – с плоским зажимом; *б* – с коническим зажимом; *в* – с линзовым зажимом;  
1 – мембрана; 2, 3 – зажимные кольца; 4 – планка; 5 – винт

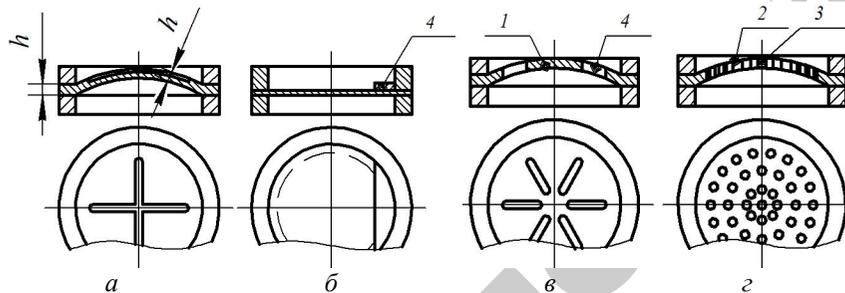


Рис. 6.13. Разрывные предохранительные мембраны с концентраторами напряжений:

*a* – с радиальными рисками; *б* – с круговой риской; *в* – с прорезами;  
*z* – с вакуумной опорой; 1 – упор; 2 – мембрана; 3 – вакуумная опора;  
4 – герметизирующая подложка; *h* – толщина мембраны

скорость срабатывания мембран, поэтому для формообразования разрывных мембран желательно применять максимальные значения  $p_v$ . Однако в условиях пульсирующего давления с увеличением  $p_v$  уменьшается число циклов нагружения, которое может выдержать мембрана.

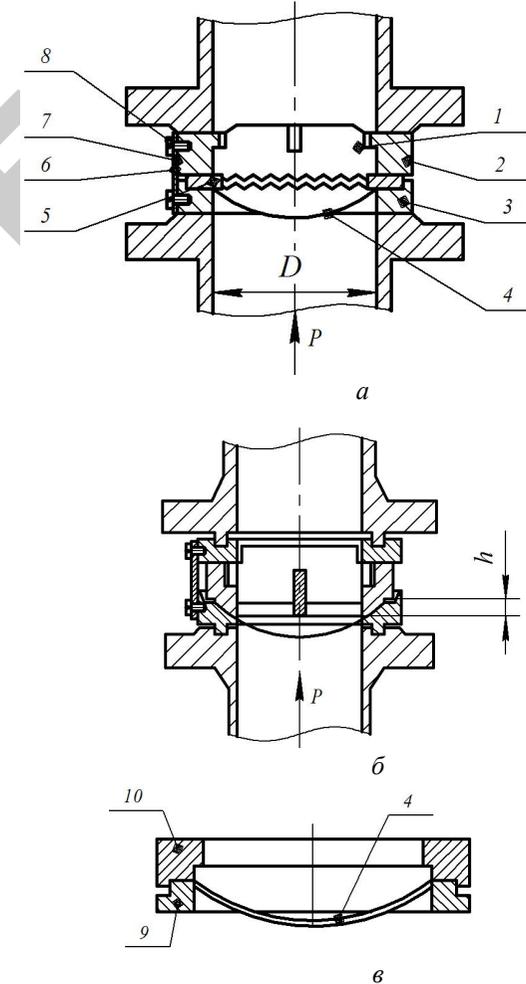


Рис. 6.14. Вышелкивающие предохранительные мембраны:  
*a* – с плоским зажимом и зубчатым ножом; *б* – с коническим зажимом и гладким ножом; *в* – с переменной кривизной и свободной заделкой; 1 – нож; 2, 3, 5 – зажимные кольца; 4 – мембрана; 6 – планка; 7 – прокладка; 8 – винт; 9, 10 – кольца

Весьма перспективными являются *выщелкивающие мембраны* (см. рис. 6.14). Эти мембраны обеспечивают высокую точность срабатывания и мало подвержены влиянию температурных изменений и длительности действия избыточного давления; они предназначены для применения в условиях низких давлений, при вакууме и пульсирующих нагрузках.

*Ломающиеся предохранительные мембраны* (рис. 6.15) из-за незначительных деформаций обладают инерционностью, высокой чувствительностью к повышению давления, устойчиво эксплуатируются в условиях длительных статических, динамических и пульсирующих давлений. Более 50 % ломающихся мембран изготавливается из хрупких материалов (чугун, графит, стекло, эбонит).

Основным недостатком ломающихся мембран является большой разброс давления срабатывания из-за невоспроизводимости механических свойств материала мембраны. Поэтому во многих случаях они не обеспечивают надежной защиты оборудования.

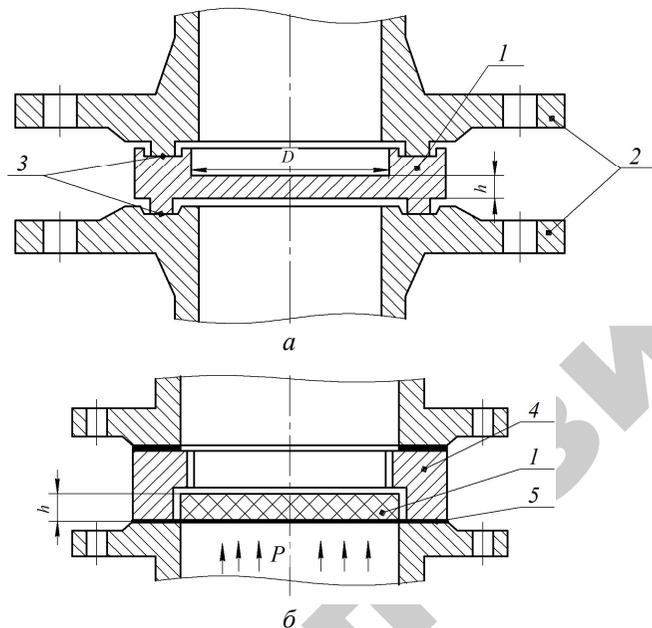


Рис. 6.15. Ломающиеся мембраны:

*a* – с выточкой; *б* – со свободной заделкой;

1 – мембрана; 2 – фланцы; 3 – прокладки; 4 – кольцо; 5 – планка

*Срезные мембраны* (рис. 6.16) при срабатывании срезаются по острой кромке верхнего прижимного кольца. Материалом для изготовления мембран служит листовая алюминий, а прижимные кольца выполняют из стали. Срезные мембраны наиболее часто применяют для защиты сборников жидкого аммиака и метанола.

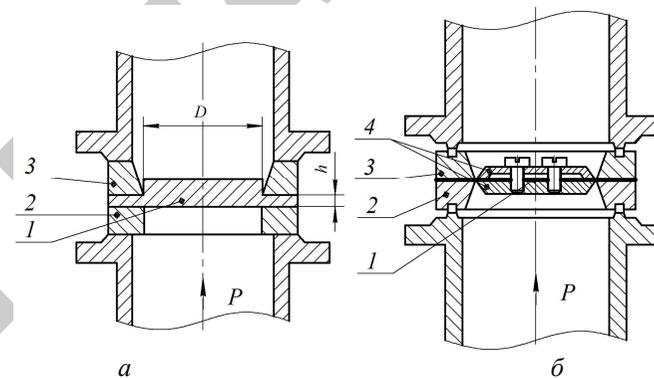


Рис. 6.16. Срезные мембраны: *a* – с утолщением; *б* – с накладными дисками; 1 – мембрана; 2, 3 – кольца; 4 – диски

*Отрывные мембраны* применяют для защиты систем высокого давления (свыше 25 МПа) при диаметре сбросных отверстий 20–60 мм. Мембраны имеют форму колпачков (рис. 6.17) с ослабленным сечением. Отрывные мембраны успешно используют для защиты аппаратов в производствах полиэтилена и некоторых других.

Выбор конструкции и материала мембран зависит от условий эксплуатации сосудов и аппаратов, для которых они предназначены: давления, температуры, фазового состояния и агрессивности среды, скорости нарастания давления и других факторов.

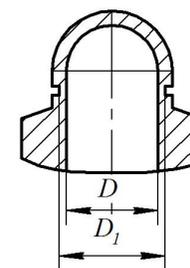


Рис. 6.17. Отрывная мембрана

В качестве материала для изготовления мембран используют алюминий, никель, титан, нержавеющую сталь, чугун, графит и другие материалы. Если коррозионная стойкость мембран оказывается недостаточной, на них наносят специальные противокоррозионные покрытия, например из полиэтилена, фторопласта-4 и др. Если рабочая температура аппарата превышает максимально допустимую для материала мембраны (для алюминия 100 °С, нержавеющей стали и титана 300 °С, никеля 400 °С), то применяют термоизоляцию, например, асбестом.

Материалы предохранительных мембран должны обладать следующими основными свойствами:

- иметь стабильные механические свойства при рабочей температуре. Максимальное отклонение предела прочности при растяжении не должно превышать +5 % от средней величины;

- быть коррозионностойкими в технологической среде, содержащейся в аппарате;

- структура материала и его механические свойства не должны изменяться в процессе эксплуатации мембраны;

- допуск на толщину проката (фольги, ленты), применяемого для изготовления мембран, должен быть минимальным.

Применение различных материалов для изготовления мембран ограничивается максимально допустимой рабочей температурой в месте их установки. При более высоких температурах возможны ложные срабатывания мембран при рабочем давлении вследствие значительной ползучести материала. Некоторые характеристики материалов, идущих на изготовление промышленных мембран, представлены в табл. 6.2.

Для обеспечения работы мембраны необходимо определить проходное сечение сбросного отверстия  $S$  пластин мембраны исходя из условий срабатывания ее при заданном давлении. Давление срабатывания мембраны  $P_c$  должно лежать в пределах  $P_{c \min} \leq P_c \leq P_{c \max}$ . В свою очередь, максимальное  $P_{c \max}$  и минимальное  $P_{c \min}$  давления срабатывания должны удовлетворять условиям:

$$P_{c \max} \leq P_n \frac{\sigma_{20}}{\sigma_t}; \quad P_c \leq KP_p, \quad (6.18)$$

где  $P_n$  и  $P_p$  – пробное и рабочее давление в аппарате;

$\sigma_{20}$  и  $\sigma_t$  – допускаемые напряжения для материала аппарата по пределу текучести соответственно при температуре 20 °С и рабочей температуре;

$K$  – коэффициент запаса, исключающий ложное срабатывание мембраны (для выщелкивающихся и ломающихся мембран  $K = 1,05; 1,1; 1,5$  соответственно для никелевых, стальных и алюминиевых мембран).

Таблица 6.2  
Характеристики материалов, используемых для изготовления предохранительных мембран

Материал мембран	Максимальный рабочий диаметр $d_p$ , мм	Максимальная температура $t$ , °С	$P_c \cdot D$ , МПа·мм	Предел прочности при одностороннем растяжении $\sigma_p$ , МПа	Относительное удлинение при разрыве $\epsilon$
Алюминий	400	100	10–40	40–120	0,03–0,2
Никель	140	480	44–400	450–550	0,02–0,1
Нержавеющая сталь	300	300	172	800–1000	0,05–0,2
	140	300	48–96	–	–
Титан	170	300	270–320	–	–
	300	300	687	–	–
Латунь	140	150	24–60	300–600	0,1–0,15
	225	150	65–230		
Бронза	65	150	30,5–79	400–900	0,03–0,2

*Примечание.* Величина  $P_c \cdot D$  – произведение давления срабатывания  $P_c$  на рабочий диаметр мембраны  $D$  – является основным критерием для определения возможности изготовления мембраны из данного материала.

Площадь проходного сечения сбросного отверстия  $S$  для предохранительных мембран (ПМ) определяется из условия предотвращения разрушения аппарата в случае самой опасной из всех возможных ситуаций. Наиболее опасной является та аварийная ситуация, при которой происходит рост давления с наибольшей скоростью.

Зная значение скорости нарастания давления  $\frac{dP}{dt}$ , можно определить величину аварийного притока технологической среды  $Q_a$ :

$$Q_a = \frac{MVdP}{RT_{cp}dt}, \quad (6.19)$$

где  $M$  – молекулярная масса продукта, кг/моль;  
 $V$  – объем аппарата, м<sup>3</sup>;  
 $R = 8314$  кДж/(кмоль·К) – универсальная газовая постоянная;  
 $T_{cp}$  – средняя температура продукта в аппарате, К;  
 $\frac{dP}{dt}$  – скорость роста давления в аппарате при взрыве, Па/с.

В соответствии с ГОСТ 12.2.085–82 пропускная способность ПМ определяется по формулам:

– для жидких сред, кг/ч,

$$Q_{II} = 5,03aS\sqrt{(P_1 - P_2)\rho}; \quad (6.20)$$

– для газов и паров, кг/ч,

$$Q_{II} = 3,16BaS\sqrt{(P_1 - 0,1)\rho}, \quad (6.21)$$

где  $S$  – наименьшая площадь проходного сечения сбросного отверстия, мм<sup>2</sup>;

$a$  – коэффициент расхода;

$P_1$  – максимальное (избыточное) давление перед ПМ, МПа;

$P_2$  – максимальное (избыточное) давление за ПМ, МПа;

$\rho$  – плотность жидкости перед мембраной при  $P_1$  и ее температуре  $t_1$ , кг/м<sup>3</sup>;

$B$  – коэффициент, учитывающий физико-химические свойства газов и паров при параметрах среды перед мембраной.

Значения коэффициента  $a$  определяется по паспортным данным предохранительных мембран или по их каталогам.

Для ориентировочного расчета предохранительных мембран можно считать для низкоподъемных  $a = 0,05$ ; для среднеподъемных  $a = 0,3$  и  $0,1$  соответственно для газообразных и жидких сред; для полноподъемных  $a = 0,6$  и  $0,1$  соответственно для газообразных и жидких сред.

Плотность пара или реального газа  $\rho_2$  (кг/м<sup>3</sup>) определяют по таблицам или диаграммам состояния данной среды, либо рассчитывают по формуле:

$$\rho = \frac{10^6 (P_1 + 0,1)M}{8314z(t_1 + 237)}, \quad (6.22)$$

где  $M$  – молекулярная масса продукта, кг/кмоль;

$z$  – коэффициент сжимаемости реального продукта (принимается по справочным данным с учетом давления  $P_1$  и температуры  $t_1$ ).

Коэффициент  $B$  для газов и паров вычисляется по формулам:

– при дозвуковом режиме истечения ( $\beta > \beta_{кр}$ )

$$B = \sqrt{\frac{2k}{k-1} \left( \beta^{\frac{2}{k}} - \beta^{\frac{k+1}{k}} \right)}; \quad (6.23)$$

– при сверхзвуковом режиме истечения ( $\beta \leq \beta_{кр}$ )

$$B = \sqrt{k \left( \frac{2}{k+1} \right)^{\frac{k+1}{k-1}}}; \quad (6.24)$$

где  $k$  – показатель изоэнтропы расширения газа (принимается по справочным данным);

$\beta$  – отношение давлений за и перед ПМ;

$\beta_{кр}$  – критическое отношение давлений.

$$\beta = \frac{P_2 + 0,1}{P_1 + 0,1}; \quad \beta_{кр} = \left( \frac{2}{k+1} \right)^{\frac{2}{k-1}}. \quad (6.25)$$

Расчет проходного сечения сбросного отверстия  $S$  заключается в выполнении условия компенсации аварийного притока  $G_a$  среды через мембраны, то есть  $G > G_a$ .

С учетом данного условия величина  $S$  может быть определена, м<sup>2</sup>:

– при звуковом режиме истечения ( $\beta > \beta_{кр}$ ) (см. уравнение 6.25)

$$S \geq G_a \left[ \mu P_m \sqrt{\frac{2M}{RT} \frac{k}{k-1} \left[ \beta^{\frac{2}{k}} - \beta^{\frac{k+1}{k}} \right]} \right]^{-1}; \quad (6.26)$$

– при сверхзвуковом режиме истечения:

$$S \geq G_a \left[ \mu P_m \sqrt{\frac{kM}{RT} \left[ \frac{2}{k+1} \right]^{\frac{k+1}{k-1}}} \right]^{-1}, \quad (6.27)$$

где  $G_a$  – массовый расход среды, кг/с;

$\beta$  – коэффициент расхода через сбросное отверстие, допускается принимать равным 0,7–0,8;

$P_m$  – максимально допустимое абсолютное давление в аппарате, которое принимается равным абсолютному давлению срабатывания мембраны, Па.

Для обеспечения разрушения мембраны при заданном избыточном давлении срабатывания  $P_c$  ( $P_c = P_{c \max} - 0,1$  МПа) необходимо определить толщину металлопроката, из которого изготовлена мембрана, а также другие ее геометрические размеры.

При расчете мембраны на заданное давление срабатывания исходными данными являются рабочий диаметр мембраны  $D$ , рабочая температура  $t$ , состав технологической среды в защищаемом аппарате, а также материал мембраны, который выбирается по табл. 6.2 из условия достаточной коррозионной стойкости в данной технологической среде.

Необходимая толщина рабочей части ломающейся мембраны, мм:

$$b = p_p d_{пл} k_{оп} (4[\sigma_{ср}]), \quad (6.28)$$

где  $p_p$  – давление, при котором должна разрушиться пластинка, Па;

$d_{пл}$  – рабочий диаметр пластины, см;

$k_{оп}$  – масштабный коэффициент, определяемый опытным путем (при  $d/b = 0,32$   $k = 10-15$ );

$[\sigma_{ср}]$  – временное сопротивление срезу, МПа.

Толщина мембран, изготавливаемых из хрупких материалов:

$$b = 1,1 r_{пл} \sqrt{\frac{p_p}{[\sigma_{из}]}}, \quad (6.29)$$

где  $r_{пл}$  – радиус пластины, см;

$[\sigma_{из}]$  – предел прочности материала пластины на изгиб, Па.

Мембранные устройства тем надежнее, чем ближе они расположены к центру зарождения взрыва. Желательнее мембраны устанавливать в наиболее высокой части аппарата с тем, чтобы после срабатывания удалялись в первую очередь скапливающиеся в аппарате пары и газы. При сбросе технологической среды непосредственно в атмосферу верхний обрез сбросного трубопровода должен находиться значительно выше площадки обслуживания мембранного устройства, а сброс должен быть направлен вверх, чтобы обезопасить обслуживающий персонал.

Диаметр сбросного трубопровода должен быть не менее диаметра выходного штуцера мембранного устройства. Сбросные трубопроводы при необходимости должны обогреваться и изолироваться. Обогрев мембранного узла и сбросного трубопровода (при температуре ниже 0 °С) нужен для предотвращения обмерзания, так как с понижением температуры давление срабатывания значительно возрастает. Воздействие высоких температур, наоборот, снижает разрывное давление и поэтому мембранный узел целесообразно теплоизолировать и иногда охлаждать.

Во избежание загрязнения атмосферы вредными парами и газами желательно предусмотреть возможность сброса таких веществ в замкнутую систему или в резервные емкости. Противодавление в сбросных трубопроводах не должно превышать 10 % давления срабатывания мембран.

Для предотвращения атмосферных воздействий, нарушающих нормальную работу предохранительных мембран, над сбросным трубопроводом могут устанавливаться зонты.

Все предохранительные мембраны имеют ограниченный срок службы. Поэтому необходимо, чтобы замена мембран была легкой, быстрой и безопасной. Замена мембран, срок службы которых истек, проводят в период плановых остановок.

В тех случаях, когда замену мембраны необходимо производить без остановки работы оборудования (технологического процесса), применяют параллельную установку мембран. В рабочих условиях нагрузку воспринимает одна мембрана, другая – резервная. Мембраны устанавливают последовательно, если срок службы одной мембраны в конкретных рабочих условиях недостаточен из-за агрессивного воздействия технологической среды. При этом после разрушения нижней мембраны верхняя мембрана будет воспринимать нагрузку до тех пор, пока нижняя не будет заменена.

Разнообразие условий работы оборудования и технических характеристик предохранительных устройств требует для создания наиболее эффективных систем защиты использовать совместно предохранительные клапаны и мембраны.

При совместном применении мембран и специальных клапанов можно добиться предельно высокой надежности, абсолютной герметичности, малой чувствительности к склонности среды кристаллизоваться и полимеризоваться, очень высокого быстродействия. Такое комбинированное предохранительное устройство работает как мембрана до первого срабатывания и как предохранительный клапан до замены сработавшей мембраны (рис. 6.18).

В нормальном рабочем состоянии золотник клапана такого устройства приподнят и удерживается в этом положении упорами 3, заходящими за выступ 1 на штоке 2. При превышении давления в защищаемом аппарате установленного значения разрывается мембрана 5, под действием потока сбрасываемых газов золотник клапана дополнительно приподнимается и упоры 3 под действием пружины 4 расходятся в стороны и выходят из зацепления со штоком 2. Однако клапан при этом продолжает оставаться открытым до тех пор, пока давление в аппарате не снизится до величины, определяемой настройкой пружины клапана. Затем до замены сработавшей мембраны устройство работает как обычный предохранительный клапан, так как выведенные из зацепления упоры в дальнейшей работе не участвуют.

В некоторых случаях мембрана может устанавливаться и после клапана. Это позволяет достичь полной герметичности предохранительного узла, позволяет заменить сработавшую мембрану без остановки аппарата. Но при такой схеме соединения не обеспечивается защита клапана от агрессивного воздействия среды.

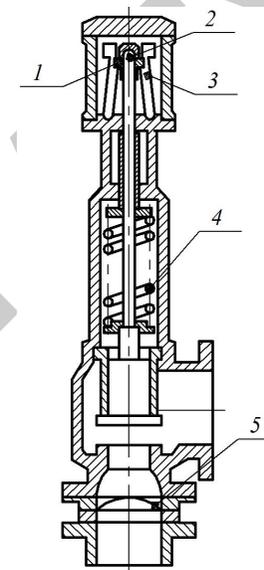


Рис. 6.18. Комбинированное предохранительное устройство:  
1 – выступ; 2 – шток; 3 – упор; 4 – пружина;  
5 – разрывная мембрана

Мембрану и предохранительный клапан устанавливают параллельно в тех случаях, когда в аппарате возможен взрыв технологической среды. В этом случае клапан защищает аппарат от статического превышения давления при незначительных отклонениях технологического процесса от нормальных условий, а мембрана – от взрыва.

### Контрольные вопросы и задания

1. Какие устройства называются ограничительными?
2. Как различают ограничительные устройства в зависимости от характера опасного фактора?
3. Назовите ограничительные устройства, не допускающие аварии при нарушении нормального режима работы машины.
4. В чем заключается работа ограничительных устройств от механических перегрузок по принципу слабого звена?

5. Определение диаметра слабого звена (срезающего предохранителя) в виде штифта.

6. Методика проведения расчетов предохранительных муфт с разрушающимся элементом, например со срезным штифтом.

7. В чем заключается расчет пружинно-кулачковой муфты?

8. Как срабатывают муфты фрикционного типа в случае превышения вращающего момента?

9. Принцип работы рычажно-грузового предохранительного клапана.

10. Как определить массу груза, подвешенного к концу рычага для того, чтобы клапан сам открывался при соответствующем давлении в котле?

11. Где устанавливаются импульсные предохранительные устройства и каков принцип их работы?

12. Как определяется проходное сечение предохранительных клапанов, чтобы выпускать избыточный пар или газ без заметного повышения предельного давления?

13. В каких случаях устанавливаются мембранные предохранительные устройства?

14. Охарактеризуйте работу наиболее простых и распространенных разрывных мембран – плоских и предварительно выпуклых (куполообразных).

15. В чем заключается принцип работы выщелкивающих, ломающихся, срезных и отрывных мембран, их преимущества и недостатки?

16. Какими основными свойствами должны обладать материалы предохранительных мембран?

17. Как определяется площадь проходного сечения сбросного отверстия предохранительных мембран и их толщина?

18. Опишите принцип работы комбинированного предохранительного устройства, состоящего из предохранительного клапана и мембраны.

## 7. ТОРМОЗНЫЕ УСТРОЙСТВА

### 7.1. Классификация тормозов и основные требования к тормозным устройствам

**Тормозные устройства** – устройства, предназначенные для замедления или остановки производственного оборудования при возникновении опасных производственных факторов.

Условия их применения разнообразны: часто выключения двигателя недостаточно для остановки движущихся частей механизма и необходимо дополнительное торможение; в других случаях тормоз может быть использован как своеобразный регулятор движения, например в процессе поднятия груза грузоподъемным устройством; в центрифугах тормоза устраняют вибрацию при большой скорости вращения барабана.

Под *тормозными устройствами* понимаются сочетание собственно тормозов, то есть рабочих (исполнительных) механизмов, непосредственно создающих искусственное сопротивление движению машины, с системой управления и приводом, приводящим тормоза в действие. В автотранспорте вместо термина «тормозное устройство» применяют термин «тормозная система».

Тормозные устройства предназначены для удержания движущихся частей, поднятого груза; снижения скорости движения и остановка машин, механизмов, спуска груза; поглощения энергии поступательно движущихся или вращающихся масс оборудования, машин, механизмов и грузов.

Тормозные устройства уменьшают скорость машины с заданным замедлением или останавливают ее на определенном тормозном пути, а в грузоподъемных машинах удерживают груз в подвешенном состоянии при определенном коэффициенте запаса торможения.

Исполнительные механизмы тормозных устройств – тормоза классифицируют по следующим признакам:

1. **По конструктивному исполнению рабочих элементов** различают тормоза:

– *колодочные* – с рабочим элементом в виде колодки, взаимодействующей с наружной или внутренней поверхностью тормозного барабана;

– *ленточные* – с рабочим элементом в виде гибкой ленты, взаимодействующей с тормозным барабаном;

– *дисковые* – с рабочим элементом в виде целых дисков или отдельных сегментных колодок;

– *конические* – с рабочим элементом в виде конуса (последние две конструктивные разновидности тормозов объединяются в одну группу тормозов с замыкающим усилием, действующим вдоль оси тормозного вала, – в группу *тормозов с осевым нажатием*);

– *рельсовые* – с рабочим элементом, взаимодействующим с плоскостью рельса, по которому перемещается машина, или со специальной направляющей.

2. **По характеру приводного усилия** тормоза разделяют:

– на *нормально закрытые*, замыкающиеся под действием постоянной силы усилия пружины, веса замыкающего груза и др. при выключенном приводе, и размыкающиеся при включении привода;

– *нормально открытые* – замыкающиеся при включении привода, а размыкающиеся под действием размыкающего усилия;

– *комбинированные* – работающие в нормальных условиях эксплуатации как тормоза нормально открытые, а в аварийных условиях как тормоза нормально закрытые.

3. **По принципу действия** различают тормоза:

– *автоматические*, нормально закрытые, замыкающиеся при отключении двигателя механизма, на котором установлен тормоз или при срабатывании элементов защиты;

– *управляемые*, замыкающиеся или размыкающиеся при воздействии обслуживающего персонала на орган управления тормозом.

4. **По назначению тормоза** разделяют:

– на *стопорные*, которые останавливают механизм;

– *ограничивающие скорость движения* в определенных пределах в течение всего периода работы соответствующего исполнительного механизма (спускные тормоза и регуляторы скорости).

При эксплуатации различают *служебные* (рабочие) и *экстренные* (аварийные или предохранительные) *торможения*. Служебные торможения обеспечивают преднамеренную остановку и регулирование скорости машины или механизма при нормальных условиях эксплуатации. Экстренные торможения, служащие для предотвращения аварии или наезда, производятся внезапно, без предварительного снижения скорости, с максимальным замедлением. При эксплуатации самоходных транспортных средств число экстренных торможений не превышает 5–10 % от общего числа торможений. Интенсивность экстренных торможений составляет более 150 % от интенсивности служебных торможений.

Тормоза надежнее устанавливать непосредственно на рабочем органе (барабане, колесе и др.), но конструкция тормоза в этом случае получается громоздкой. Для обеспечения компактности и разгрузки механизма от инерционных сил принято устанавливать тормоза на приводном валу, кинематически жестко связанном с валом рабочего органа.

*Колодочные тормоза* просты и надежны в работе, но сравнительно громоздки. Одноколодочные тормоза применяют в механизмах с ручным приводом, двухколодочные – для торможения валов, вращающихся в разных направлениях (тормозной вал при этом не испытывает поперечной нагрузки).

*Ленточные тормоза* применяют в сельскохозяйственных машинах, гусеничных тракторах, подъемных механизмах и т. п. Рабочими органами таких тормозов служат стальная лента, иногда обшитая фрикционным материалом, и шкив.

*Дисковые тормоза* представляют собой систему фрикционных дисков, из которых одни вращаются, а другие неподвижны или стопорятся при вращении в одну из сторон. В многодисковых тормозах при одном и том же осевом усилии можно получить большой тормозной момент.

*Конический тормоз* воспринимает тормозной момент корпусом с внутренней конической поверхностью, свободно посаженным на валу и вращающимся при подъеме груза. Для стопорения корпуса при обратном вращении (спуск) служит храповой механизм.

Управление тормозами вручную, а также с помощью гидравлических и пневматических устройств применяют в машинах, приводимых в движение от двигателя внутреннего сгорания, в кранах

и сельскохозяйственных машинах, а управление с помощью электромагнита – в промышленных подъемно-транспортных механизмах.

Кроме рассмотренных выше тормозных устройств используют *реверсирование и динамическое торможение* электродвигателей. Для реверсирования асинхронных электродвигателей служит реверсивный магнитный пускатель, контакторы которого заблокированы для предотвращения одновременного включения и, следовательно, короткого замыкания. Динамическое торможение асинхронных электродвигателей обычно применяют для точного останова нереверсивного электродвигателя.

*Торможение противовключением* возможно в схемах реверсивного и нереверсивного управления короткозамкнутыми асинхронными электродвигателями. Однако оно связано с повышенными потерями и нагревом, поэтому для нереверсивных асинхронных электродвигателей чаще всего применяют динамическое торможение, а для реверсивных – торможение противовключением.

К тормозным устройствам предъявляются следующие *основные требования*: высокая надежность и стабильность действия; достаточный тормозной момент для заданных условий работы; плавность торможения; быстрое замыкание и размыкание тормозов; прочность и долговечность элементов; простота конструкции, определяющая малую стоимость изготовления; удобство осмотра, регулирования и замены износившихся деталей; устойчивость регулирования; минимальный износ трущихся элементов; температура поверхности трения, в процессе работы, не должна превышать предельную, установленную для устройств данного типа при данном фрикционном материале; минимальные габаритные размеры и масса.

## 7.2. Общее уравнение движения при торможении

Работа любого тормоза основана на использовании силы трения, возникающей между вращающимися и прижимаемыми к нему невращающимися элементами. *Вращающимися элементами* являются тормозной шкив, конус или диски, укрепляемые на тормозном валу, а *невращающимися* – колодки, ленты, диски. Для увеличения

силы трения тормозные элементы облицовывают фрикционными материалами (асбестовая лента и др.). Тормозные шкивы изготавливают из чугуна или стали. Тормоза устанавливают обычно на первом приводном валу машины, где действует наименьший крутящий момент, благодаря этому габариты тормоза могут быть меньшими.

В процессе торможения кинетическая энергия вращающихся и поступательно-движущихся масс преобразовывается тормозным устройством в тепловую энергию, рассеиваемую в окружающую среду. Замедление движущегося механизма происходит не только под действием сил трения, возникающих в тормозе, но и под действием сил сопротивления в самом механизме и на рабочем органе машины.

Согласно принципу Д'Аламбера уравнение моментов в период торможения имеет вид:

$$M_{\text{зат}} = M_{\text{T}} \pm M_{\text{к}} = M_{\text{ин}}, \quad (7.1)$$

где  $M_{\text{зат}}$  – затормаживающий момент;

$M_{\text{T}}$  – тормозной момент;

$M_{\text{к}}$  – крутящий момент, действующий на тормозном валу (знак перед  $M_{\text{к}}$  определяет: способствует (+) или противодействует (–) этот момент процессу торможения);

$M_{\text{ин}}$  – момент сил инерции вращающихся и поступательно-движущихся затормаживаемых масс, приведенных к тормозному валу с учетом потерь в промежуточных звеньях механизма.

На закон изменения замедления в процессе торможения влияет закономерность изменения тормозного и крутящего моментов.

Для большинства машин с достаточной для практических расчетов точностью можно принять, что крутящий момент в течение всего процесса торможения, при постоянстве внешней нагрузки, остается постоянным. Для машин, работающих при относительно невысоких скоростях (например, грузоподъемных машин) с малым временем торможения, когда нагрев фрикционного материала не вызывает существенного изменения коэффициента трения фрикционных пар, тормозной момент за время торможения также практически остается постоянным, независимым от скорости движения при постоянном усилии прижатия фрикционных элементов тормоза. Для машин,

работающих при значительном изменении скорости, коэффициент трения, а следовательно, и тормозной момент зависят от скорости движения и усилия прижатия фрикционных элементов. В управляемых тормозах с регулируемой силой нажатия тормозной момент может изменяться по любому закону в зависимости от характера изменения усилия управления.

При постоянном затормаживающем моменте, характерном для большинства тормозных устройств, угловая скорость  $\omega$ , ускорение  $\varepsilon$  и путь  $\varphi$  определяется следующим образом:

$$\begin{aligned}\omega &= \omega_0 - \frac{M_{\text{зат}} t_{\text{T}}}{J_0}; \\ \varepsilon &= \frac{d\omega}{dt_{\text{T}}} = \frac{M_{\text{зат}}}{J_0} = \text{const}; \\ \varphi &= \omega_0 t_{\text{T}} - \frac{M_{\text{зат}} t_{\text{T}}^2}{2J_0},\end{aligned}\quad (7.2)$$

где  $\omega_0$  – угловая скорость в момент начала торможения, рад/с;  
 $J_0$  – приведенный момент инерции затормаживаемых масс, мм<sup>4</sup>;  
 $t_{\text{T}}$  – время торможения до полной остановки, с.

Время торможения до полной остановки машины, то есть до значения  $\omega = 0$ , без учета времени срабатывания тормозного устройства и увеличения усилия сжатия фрикционных элементов от нуля до его номинального значения определяется по формуле:

$$t_{\text{T}} = \frac{J_0 \omega_0}{M_{\text{зат}}}. \quad (7.3)$$

Под временем срабатывания тормозного устройства следует понимать время от момента его включения до первого касания фрикционными элементами металлического элемента тормозной пары.

Тормозной путь, то есть расстояние, пройденное машиной за время от начала торможения до полной остановки:

$$\varphi_0 = \frac{M_{\text{зат}} t_{\text{T}}^2}{2J_0}, \quad (7.4)$$

мощность, развиваемая тормозом:

$$N_{\text{T}} = M_{\text{T}} \omega = M_{\text{T}} \left( \omega_0 t_{\text{T}} - M_{\text{зат}} \frac{t}{J_0} \right); \quad (7.5)$$

работа, совершаемая им за время  $t$ :

$$A_{\text{T}} = \varphi M_{\text{T}} = M_{\text{T}} \left( \omega_0 t - \frac{M_{\text{зат}} t^2}{(2J_0)} \right), \quad (7.6)$$

а за время торможения  $t_{\text{T}}$ :

$$A_{\text{T0}} = \frac{M_{\text{T}} M_{\text{зат}} t_{\text{T}}^2}{(2J_0)}. \quad (7.7)$$

Полученные аналогично параметры для других закономерностей изменения затормаживающего момента (линейно возрастающей, линейно убывающей, параболической и экспоненциальной) приведены в табл. 7.1.

Таблица 7.1

Параметры торможения для линейно возрастающей, линейно убывающей, параболической и экспоненциальной закономерностей изменения затормаживающего момента

Закономерность изменения $M_{\text{зат}}$			
$M_1 \cdot \frac{t}{t_{\text{T}}}$	$M_1 \left( 1 - \frac{t}{t_{\text{T}}} \right)$	$M_1 \cdot \frac{t^2}{t_{\text{T}}^2}$	$M_1 (1 - e^{-at})$
1	2	3	4
Угловая скорость $\omega$			
$\omega_0 - \frac{M_1 t^2}{2J_0 t_{\text{T}}}$	$\omega_0 - \frac{M_1}{J_0} \left( t - \frac{t^2}{2t_{\text{T}}} \right)$	$\omega_0 - \frac{M_1 t^3}{3J_0 t_{\text{T}}}$	$\omega_0 - \frac{M_1}{J_0} \left( t + \frac{e^{-at}}{a} - \frac{1}{a} \right)$

1	2	3	4
Угловое ускорение $\varepsilon$			
$\frac{M_1 t}{J_0 t_T}$	$\frac{M_1}{J_0} \left( 1 - \frac{t}{t_T} \right)$	$\frac{M_1 t^2}{J_0 t_T^2}$	$\frac{M_1}{J_0} (1 - e^{-a t})$
Угловой путь $\varphi$			
$\omega_0 t - \frac{M_1 t^3}{6 J_0 t_T}$	$\omega_0 t - \frac{M_1}{2 J_0} \left( t^2 - \frac{t^3}{3 t_T} \right)$	$\omega_0 t - \frac{M_1 t^4}{12 J_0 t_T^2}$	$\omega_0 t + \frac{M_1}{a J_0} t - \frac{M_1 t^2}{2 J_0} + \frac{M_1 e^{-a t}}{a^2 J_0} - \frac{M_1}{a^2 J_0}$
Угловой путь $\varphi_0$ за время торможения $t_T$			
$\frac{M_1 t_T^2}{3 J_0}$	$\frac{M_1 t_T^2}{6 J_0}$	$\frac{M_1 t_T^2}{4 J_0}$	$\left( \omega_0 t + \frac{M_1}{a J_0} \right) t_T - \frac{M_1 t_T^2}{2 J_0} + \frac{M_1}{a^2 J_0} (e^{-a t} - 1)$

Примечание.  $M_1$  – затормаживающий момент в начале торможения;  $t$  – текущее время;  $a$  – числовой коэффициент.

### 7.3. Конструктивное исполнение колодочных тормозов

Торможение механизма **колодочным тормозом** происходит в результате создания силы трения между тормозным шкивом, насаженным на вращающийся вал механизма, и тормозными колодками, соединенными рычажной системой с неподвижной конструкцией. В зависимости от количества колодок тормоза бывают одно- и двухколодочные.

**Одноколодочные тормоза** применяются редко, только в механизмах с ручным приводом, так как создают при торможении усилие, изгибающее тормозной вал. В грузоподъемных машинах устанавливают преимущественно двухколодочные тормоза, представляющие собой систему из двух одноколодочных.

Колодки могут быть соединены с тормозными рычагами жестко, составляя с ним одно целое, или шарнирно. Больше распространено шарнирное соединение, так как при жестком закреплении колодки изнашиваются неравномерно. Замыкающая сила в колодочных тормозах создается весом специального груза или усилием сжатия пружины, а поэтому тормоза могут быть соответственно с грузовым или пружинным замыканием. В тормозах с пружинным замыканием для размыкания пользуются короткоходным магнитом или электрогидравлическим толкателем.

**Двухколодочные тормоза с грузовым замыканием** (рис. 7.1). Замыкание такого тормоза осуществляется под действием веса специального груза  $G_{гр}$ . Для растормаживания катушку электромагнита подключают к источнику тока, в результате чего сердечник магнита с силой  $P_m$  втянется и поднимет вверх рычаг 7 с грузом. При этом тяга 4, поднимаясь вверх, повернет треугольную косынку 3 вокруг точки  $O$  и через тягу 2 повернет влево тормозной рычаг 1. Вместе с ним переместится левая колодка 9 до упора в винт 10. После этого косынка 3 начнет поворачиваться вокруг точки  $A$  и тормозной рычаг 6 вместе с правой колодкой будет отходить вправо до упора в винт 5. Таким образом произойдет растормаживание. Треугольная косынка поворачивается мгновенно, и колодки отходят практически одновременно.

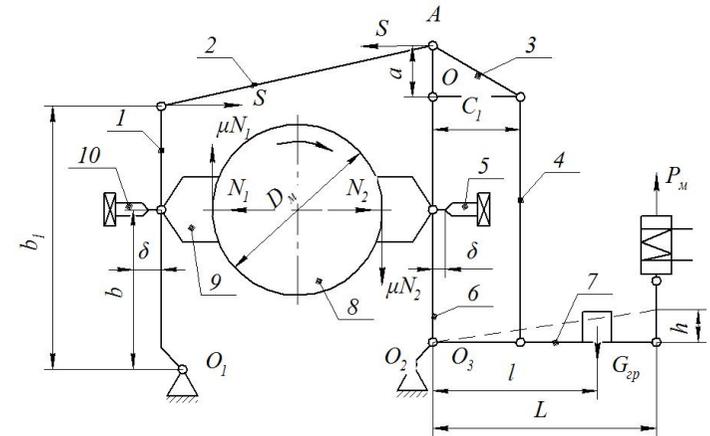


Рис. 7.1. Схема двухколодочного тормоза с грузовым замыканием:  
1 – тормозной рычаг; 2 – тяга; 3 – косынка; 4 – тяга; 5 – винт;  
6 – тормозной рычаг; 7 – рычаг; 8 – шкив; 9 – левая колодка; 10 – винт

При замыкании тормоза все операции происходят в обратном порядке: рычаг 7 опускается, увлекая за собой тягу 4, которая поворачивает косынку 3, прижимая колодки тормозных рычагов к шкиву 8.

Для остановки вращения вала тормоз должен создать тормозной момент, величина которого больше величины крутящего момента на тормозном валу. Значение тормозного момента  $M_T$ , Н·м, на любом валу привода можно найти по формуле:

$$M_T = M_\delta u \eta, \quad (7.8)$$

где  $M_\delta = \frac{F_n D_\delta}{2}$  – крутящий момент на валу барабана, Н·м;

$F_n$  – окружное усилие на барабане (натяжение каната), Н;

$D_\delta$  – диаметр барабана, м;

$u$  – передаточное число передачи от вала, на котором установлен тормоз, к валу барабана;

$\eta$  – КПД передачи (поставлен в числитель, так как трение способствует торможению).

Если тормоз установлен на первом валу передачи, что обычно и делается, то тормозной момент  $M_T$  равен крутящему моменту двигателя  $M_{кр}$ , Н·м, который можно найти по формуле:

$$M_{кр} = 9550 \cdot \frac{N_d}{n_d}, \quad (7.9)$$

где  $N_d$  – мощность двигателя, кВт;

$n_d$  – частота вращения тормозного вала, равная частоте вращения двигателя, об/мин.

Для надежности торможения расчетный тормозной момент берут с запасом:

$$M'_T = k_T M_T F_n \frac{D_\delta}{2} u \eta, \quad (7.10)$$

где  $k_T$  – коэффициент запаса, выбираемый в зависимости от режима работы.

Для достижения тормозного момента  $M_T$  должно быть создано расчетное тормозное усилие  $P_{расч}$ , Н, на поверхности тормозного шкива. Тогда тормозной момент  $M_T$ , Н·м, будет равен

$$M_T = P_{расч} \frac{D_T}{2}, \quad (7.11)$$

где  $D_T$  – диаметр тормозного шкива, м, который предварительно можно выбрать в зависимости от заданного тормозного момента, определяемого по формуле (7.10).

Предварительно  $D_T$  выбирают в зависимости от величины  $M_T$

$M_T$ , Н·м	20	70–150	250–500	1000	2000
$D_T$ , мм	100	200	300	400	500

Усилие  $P_{расч}$  представляет собой силу трения колодок о шкив. Каждая колодка прижимается к шкиву силой нормального давления  $N$  ( $N = N_1 = N_2$ ). При том на поверхности тормозного шкива двух-колодочного тормоза возникает сила трения  $F_T$ :

$$F_T = N_1 f + N_2 f = 2Nf, \quad (7.12)$$

где  $f$  – коэффициент трения колодки по шкиву (сталь по стали 0,15–0,18 без смазки, 0,1–0,12 при малой смазке).

Для повышения эффективности тормозов увеличивают коэффициент трения между колодками и шкивом путем армирования колодок фрикционным материалом, имеющим повышенный коэффициент трения (вальцованная и тормозная асбестовая ленты, пластмасса). Значения  $f$  в этом случае значительно выше. Так, если используется сталь и тормозная асбестовая лента, то  $f = 0,35$ , вальцованная лента – 0,42.

Таким образом,

$$P_{расч} = F_T = 2Nf, \quad (7.13)$$

откуда можно найти силу  $N$ .

Для реализации силы  $N$  к концам тормозных рычагов  $b$  должна быть приложена замыкающая сила  $S$ , которая определяется из уравнения моментов относительно оси  $O_2$ :

$$S = N \frac{b}{b_1}. \quad (7.14)$$

Составляя уравнение моментов относительно точки  $O$ , можно найти усилие  $T$ , при котором на концы рычагов будут действовать силы  $S$  и, следовательно, колодки прижмутся к шкиву с силой  $N$ :

$$T = S \frac{a}{a_1} = N \frac{b}{b_1} \frac{a}{a_1}. \quad (7.15)$$

Вес тормозного груза  $G_{\text{тр}}$  находится из уравнения моментов всех сил относительно шарнира закрепления рычага с грузом (точка  $O_3$ ):

$$G_{\text{тр}} = T \frac{a_1}{l}. \quad (7.16)$$

Нормальное состояние рассматриваемого тормоза закрытое (заторможенное). Растормаживают тормоз электромагнитом. Тяговое усилие магнита  $P_m$  можно определить из условия равенства моментов:

$$G_{\text{тр}} l = P_m l_1, \quad (7.17)$$

откуда

$$P_m = G_{\text{тр}} \frac{l}{l_1}, \quad (7.18)$$

где  $l$  и  $l_1$  – плечи действия сил соответственно  $G_{\text{тр}}$  и  $P_m$ .

Электромагнит подбирают по величине растормаживающего усилия по таблицам. Проверку размеров трущихся поверхностей тормозных колодок производят на допусаемое удельное давление  $p$  (отношение силы нажатия  $N$  к площади колодки  $F_k$ , соприкасающейся

со шкивом), и на допустимую удельную мощность трения  $[A] = [pV]$  (произведение удельного давления на скорость вращения поверхности шкива  $V$ ):

$$p = \frac{N}{10^3 F_k} = \frac{N}{10^3 \pi D_{\text{ш}} B \alpha 360} \leq [p], \quad (7.19)$$

$$A = pV k_6 < [pV], \quad (7.20)$$

где  $N$  – сила нажатия колодки, Н;

$D_{\text{ш}}$  – диаметр шкива, м;

$B$  – ширина колодки, м;

$\alpha$  – угол обхвата шкива колодкой ( $\alpha = 60-90^\circ$ );

$10^3$  – перевод Па в МПа;

$V$  – скорость на ободу шкива, м/с;

$$V = \frac{\pi D_{\text{ш}} n}{60}, \quad (7.21)$$

$n$  – частота вращения шкива, мин;

$k_6$  – коэффициент безопасности, 1,1–1,2;

$[p]$  – допустимое давление, МПа, между шкивом и колодкой, зависящее от трущихся материалов; при трении стали по стали  $[p] = 0,2-0,4$ ; стали по чугуну – 1,0–1,5; асбестовой ленты по стали – 0,3–0,5; вальцованной ленты по стали – 0,3–0,6.

*Колодочные тормоза с пружинным замыканием.* Использование специального груза для замыкания тормоза ведет к увеличению времени срабатывания тормоза из-за значительной инерции замыкающего груза, а также к повышению габаритов тормоза. В связи с этим широко применяют тормоза с пружинным замыканием. Такой тормоз с короткоходовым магнитом (рис. 7.2) состоит из тормозного шкива 9, двух тормозных колодок 8 и 11, которые шарнирно крепятся на стойках 7 и 12. На стойке 12 закреплен также электромагнит 13. На верхнем конце этой же стойки шарнирно укреплен рычаг 14 с выступом 15. Рычаг 14 может притягиваться к магниту, поворачиваясь вокруг оси крепления  $O_2$ . Обе стойки 7 и 12 соединены штоком 1, на котором имеются гайка 2, замыкающая пружина 3, вспомогательная

пружина 5 и регулировочная гайка 6. На стойке 12 закреплена скоба 4. Тормоз нормально замкнутый. Замыкание производится пружиной 3, которая одним концом упирается в скобу 4 и поворачивает стойку 12 вправо вокруг шарнира  $O_1$ , прижимая колодку 11 к шкиву. Другим концом пружина 3 давит на гайку 2, перемещая шток влево, и, таким образом, поворачивает стойку 7 влево вокруг оси  $O_3$ , благодаря чему колодка 8 прижимается к шкиву.

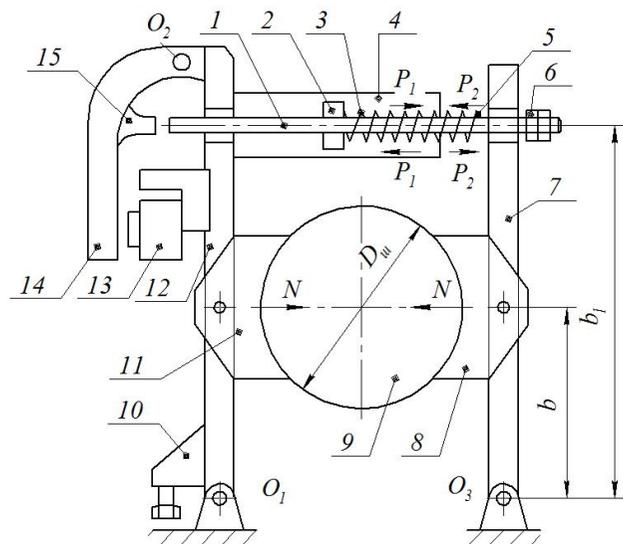


Рис. 7.2. Схема колодочного тормоза с пружинным замыканием:

1 – шток; 2 – гайка; 3 – замыкающая пружина; 4 – скоба; 5 – вспомогательная пружина; 6 – регулировочная гайка; 7 – стойка; 8 – тормозная колодка; 9 – тормозной шкив; 10 – упор; 11 – тормозная колодка; 12 – стойка; 13 – электромагнит; 14 – рычаг; 15 – выступ

Для размыкания тормоза включается электромагнит 13, в результате чего рычаг 14 притягивается к магниту. Выступ 15 нажимает на шток 1 и разводит концы стоек 7 и 12, в результате колодки 8 и 11 отходят от шкива 9. Так как электромагнит расположен только на левой стойке, он создает эксцентричную нагрузку. Для ограничения отхода левой колодки предусмотрен упор 10 с регулировочным винтом. Отход правой стойки регулируется вспомогательной пружиной 5 и гайкой 6.

На машинах используются длинноходовые электромагниты постоянного тока (типа КМП) и переменного тока (КМТ), короткоходовые постоянного тока (МП и ТКК), а также однофазные переменного тока (МО-Б).

Расчет тормоза начинают с определения расчетного тормозного момента по формуле (7.10). Зная  $M_T$ , подбирают по таблицам тормоз. Из формулы (7.11) определяют расчетное тормозное усилие  $P_{расч}$ , а силу нормального давления  $N$  на одну колодку находят из условия торможения (см. формулу (7.12)).

$$N = \frac{1}{2\eta} P_{расч}, \quad (7.22)$$

или, подставляя значение  $P_{расч}$ , получили

$$N = \frac{M_T}{D_{ш}\eta}, \quad (7.23)$$

где  $D_{ш}$  – диаметр шкива, м;

$\eta$  – коэффициент трения колодки о шкив.

Усилие  $T$ , действующее вдоль штока 1, можно найти из уравнения моментов всех сил, действующих на стойку, относительно оси поворота  $Tb_1 = Nb$ , откуда

$$T = N \frac{b}{b_1}, \quad (7.24)$$

где  $b$  и  $b_1$  – плечи действия сил  $T$  и  $N$ .

Усилие  $T$  создается пружинами 3 и 5 и равно разности давлений  $P_1$  и  $P_2$  соответственно основной и вспомогательной пружин:

$$T = P_1 - P_2. \quad (7.25)$$

Реализуется это усилие электромагнитом при растормаживании.

Шкив и колодки проверяются на удельное давление  $[p]$  и мощность трения  $A$  (см. формулы (7.19) и (7.20)).

*Колодочные тормоза с электрогидравлическими толкателями.* Особенность работы электромагнитов заключается в том, что они быстро замыкают и размыкают тормоза, что необходимо в механизмах подъема для быстрой и точной остановки груза на заданной высоте. Однако для других механизмов, например механизмов передвижения, требуется плавное торможение с возможностью регулирования тормозного момента. Этим требованиям более отвечают колодочные тормоза с электрогидравлическими толкателями (рис. 7.3, а). Для них характерны меньшие габариты и масса, чем с электромагнитами. Кроме того, тормоза с электрогидравлическими толкателями потребляют меньше электроэнергии, благодаря чему они вытесняют тормоза с электромагнитами.

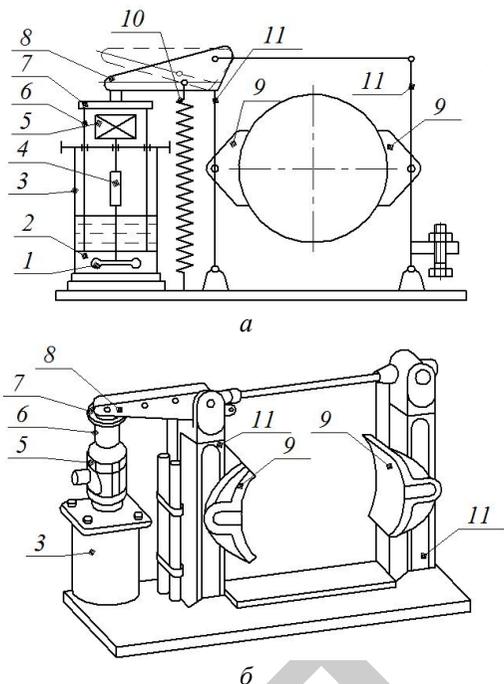


Рис. 7.3. Схема колодочного тормоза с электрогидротолкателем:

1 – крыльчатка; 2 – поршень; 3 – корпус толкателя; 4 – вал; 5 – электродвигатель; 6 – тяга; 7 – траверса; 8 – треугольный рычаг; 9 – тормозная колодка; 10 – пружина; 11 – стойка

Растормаживание в этих тормозах обеспечивается электрогидравлическим толкателем (рис. 7.3, б). На корпусе 3 толкателя, заполненном маслом, размещен электродвигатель 5, вал 4 которого телескопически соединен с горизонтальной крыльчаткой центробежного насоса. Крыльчатка размещена внутри поршня 2, соединенного тягами 6 с траверсой 7. Последняя крепится к треугольному рычагу 8, шарнирно соединенному стойками 11, с тормозными колодками 9. Пружина 10 постоянно отжимает рычаг 8 вниз, стремясь замкнуть тормоз.

Электродвигатели тормоза и привода механизма электрически соединены между собой. Поэтому при включении последнего начинает работать двигатель тормоза, приводя во вращение крыльчатку 1 центробежного насоса, перекачивающего по каналам в поршне масло из его верхней полости в нижнюю. В результате этого под поршнем создается избыточное давление (0,1 МПа), поршень поднимается, перемещая вверх тяги 6, которые через траверсу 7 поворачивают вокруг шарнира  $O_2$  (на рис. 7.3, а штрихпунктирное положение) треугольный рычаг 8, преодолевая сопротивление пружины 10 и размыкая тормоз. При остановке электродвигателя 5 крыльчатка 1 перестает вращаться. В результате создаваемое ею давление снижается до нуля и поршень под действием пружины 10 и собственного веса начинает опускаться. При этом масло перетекает в пространство над поршнем. Рычаг 8, поворачиваясь вниз, замыкает тормоз. Следовательно, замыкание тормоза осуществляется пружиной 10. Маркировка таких тормозов, например ТКТГ–200, обозначает: Т – тормоз; К – колодочный; Т – трехфазного тока (электродвигатель); Г – с электрогидравлическим толкателем; 200 – диаметр тормозного шкива, мм. Подбирают тормоза с электрогидравлическим толкателем в зависимости от величины тормозного момента, вычисляемого по формуле (7.10). Гидротолкатели бывают одно- и двухштоковые. Они развивают усилие 400–1600 Н.

#### 7.4. Принципы действия ленточных тормозов и тормозов с осевым нажатием

*Ленточные тормоза* применяют при больших тормозных моментах, т. к. они легче и компактнее колодочных. Они состоят (рис. 7.4, а) из тормозного шкива 1, охватывающей его ленты и рычага 6.

В зависимости от направления вращения шкива один конец ленты является набегающим 2, другой – сбегающим 4. При натяжении лента прижимается к шкиву, в результате чего возникает сила трения, останавливающая его вращение. Для повышения коэффициента трения ленту облицовывают фрикционным материалом, например асбестовой тормозной обкладкой 3. Ленточные тормоза бывают замкнутые и открытые. В замкнутых лента постоянно прижимается к шкиву, и тормоз находится в замкнутом состоянии. Натяжение тормоза осуществляется грузом 7 или пружиной, растормаживание (подъем рычага 6 вверх) – вручную рычажной системой или электромагнитом. В открытых тормозах рычаг 6 поднят вверх, лента не прижимается к шкиву, который может свободно вращаться. Для затормаживания необходимо нажать на рычаг и натянуть ленту. Концы ленты прикреплены к шарнирам проушинами 8 и винтовыми стяжками 5, которые позволяют изменять зазор между шкивом и лентой при износе последней.

Наибольшее распространение получили *одноленточные тормоза*. Они бывают трех видов: простые, дифференциальные и суммирующие. Наряду с этим выпускают и многоленточные тормоза. В простом тормозе (рис. 7.4, б) один конец ленты – набегающий – закреплен неподвижно, другой – сбегающий – является подвижным. Его прикрепляют к тормозному рычагу. Это односторонний тормоз, так как вес груза  $G$  для затормаживания соответствует только одному направлению вращения шкива. Такой тормоз используют в механизмах, не требующих двустороннего торможения, например в механизмах подъема.

У *дифференциального тормоза* (рис. 7.4, в) оба конца ленты прикреплены к рычагу по обе стороны от оси поворота. Момент, который должен быть создан на рычаге при торможении, равен разности моментов, создаваемых силами натяжения в набегающей  $S_{нб}$ , и сбегающей  $S_{сб}$  ветвях. Этот тормоз также односторонний. Соотношение плеч рычагов в нем:  $a = 2,5-3$  мм;  $b = 30-50$  мм. Его достоинство – небольшое тормозное усилие  $G$ . Применяется чаще всего в механизмах с ручным приводом.

В *суммирующем тормозе* (рис. 7.4, з) концы ленты прикреплены к тормозному рычагу с одной стороны от оси его поворота. Плечи  $d$  и  $a$  действия сил  $S_{нб}$  и  $S_{сб}$  относительно этой оси одинаковы. При перемене направления вращения значение  $G$  не изменится. Следовательно,

этот тормоз двустороннего действия. Используется он в механизмах, где необходимо двустороннее торможение, например в механизмах поворота или передвижения.

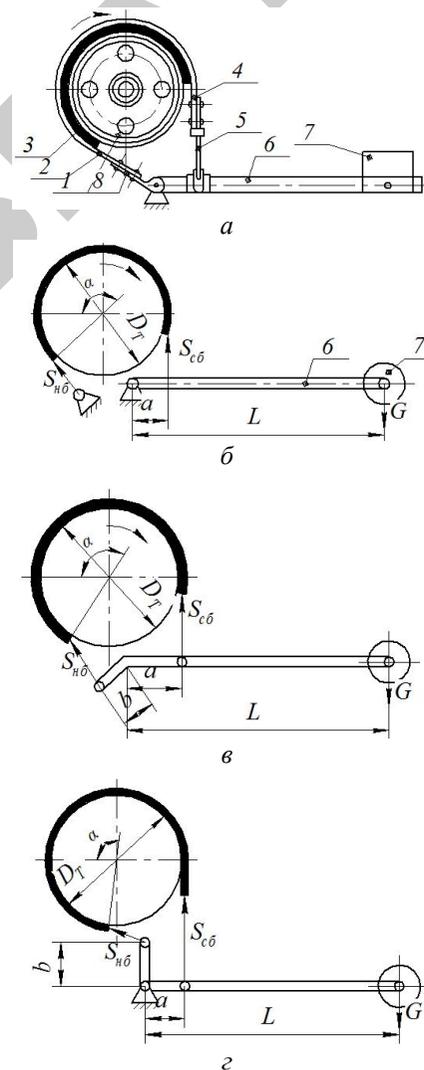


Рис. 7.4. Схема ленточных тормозов:

1 – тормозной шкив; 2 – лента набегающая; 3 – тормозная обкладка; 4 – сбегающая лента; 5 – винтовая стяжка; 6 – рычаг; 7 – груз; 8 – проушина

В ленточных тормозах тормозной момент создается за счет трения фрикционного материала, укрепляемого на стальной ленте, огибающей шкив.

На ободе тормозного шкива возникает усилие

$$p = \frac{2M_T}{D_T}, \quad (7.26)$$

где  $M_T$  – тормозной момент на валу привода, определяемый по формуле 7.8 или 7.9, Н·м;

$D_T$  – диаметр тормозного шкива, м.

Натяжение в набегающей ветви ленты  $S_{нб}$  и сбегающей  $S_{сб}$  согласно формуле Эйлера для трения гибкой нити о шкив, должно быть выражено следующим условием:

$$S_{нб} \leq S_{сб} e^{\mu\alpha}, \quad (7.27)$$

где  $\mu$  – коэффициент трения ленты о шкив;  
 $\alpha$  – угол обхвата лентой шкива в радианах.

Учитывая, что  $S_{нб} - S_{сб} = p$  получаем

$$S_{нб} = \frac{pe^{\mu\alpha}}{e^{\mu\alpha} - 1} = 2 \frac{M_T}{D_T} \frac{e^{\mu\alpha}}{e^{\mu\alpha} - 1}; \quad (7.28)$$

$$S_{сб} = \frac{p}{e^{\mu\alpha} - 1} = 2 \frac{M_T}{D_T} \frac{1}{e^{\mu\alpha} - 1}. \quad (7.29)$$

Масса груза  $G$ , необходимого для создания заданного тормозного момента, определяется по соотношению:

$$G = \frac{pe^{\mu\alpha}}{e^{\mu\alpha} - 1} = \frac{2M_T (ae^{\mu\alpha} + b)}{D_T L (e^{\mu\alpha} - 1)}, \quad (7.30)$$

где  $a$ ,  $b$  и  $L$  – параметры ленточных тормозов, принимаемые согласно рис. 7.5.

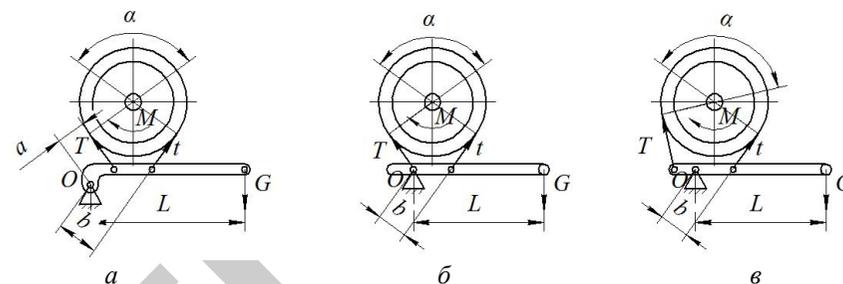


Рис. 7.5. Ленточные тормоза:  
 $a$  – суммирующий;  $б$  – простой;  $в$  – дифференциальный;  
 $T = S_{нб}$ ;  $t = S_{сб}$

Ширина ленты определяется по формуле:

$$B = \frac{2S_{нб}}{D_T [p]}, \quad (7.31)$$

где  $[p]$  – допускаемое давление между лентой и шкивом, МН/м<sup>2</sup>.

Ленточные тормоза проверяются на удельное давление и нагрев. Максимальное удельное давление будет у набегающей ветви и равно

$$p_{\max} = \frac{2S_{нб}}{D_T B} = \frac{4M_T e^{\mu\alpha}}{D_T^2 B (e^{\mu\alpha} - 1)} \leq [p]. \quad (7.32)$$

Расчет на нагрев ведется по среднему удельному давлению

$$p_{\text{ср}} = \frac{4M_T}{D_T^2 B \mu \alpha} \leq [L_{\text{тр}}], \quad (7.33)$$

где  $[L_{\text{тр}}]$  – допускаемое значение удельной мощности (принимается в пределах 1–2 МН/м·с).

Величины значений  $[p]$  и  $[L_{\text{тр}}]$  принимаются по соответствующим таблицам и справочной литературе при расчете тормозных устройств.

**Тормоза с осевым нажатием** делятся на дисковые и конические.

**Дисковые электромагнитные тормоза** с пружинным замыканием (рис. 7.6, а) состоят из неподвижных I и подвижных 7, вращающихся вместе с тормозным валом 6. Усилие  $N$ , необходимое для получения тормозного момента, создается пружиной 2. Размыкается тормоз тремя электромагнитами 3, якоря 5, которые укреплены на крайнем тормозном диске I (рис. 7.6, б). На противоположной стороне диска размещены фрикционные накладки 4. Подвижные диски 7, выполненные из стали, не имеют фрикционных накладок.

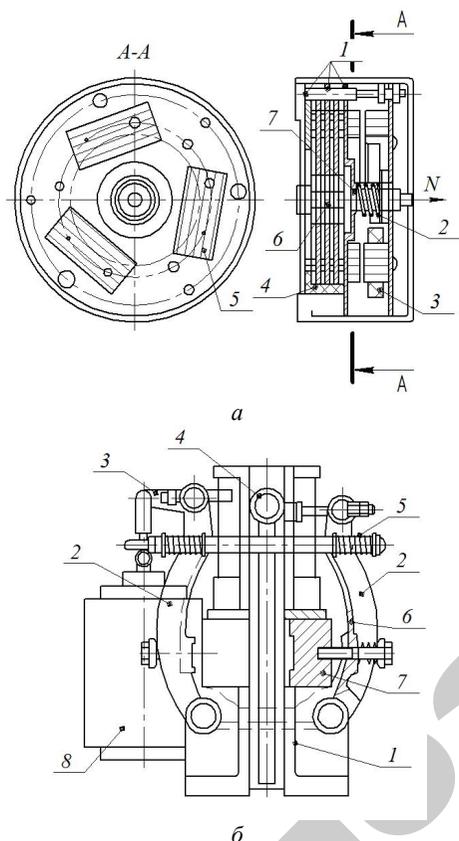


Рис. 7.6. Схема дисковых электромагнитных тормозов:

а) 1 – неподвижный диск; 2 – пружина; 3 – электромагнит; 4 – фрикционная накладка; 5 – якорь; 6 – тормозной вал; 7 – подвижный диск; б) 1 – электромагнит; 2 – тормозной рычаг; 3 – рычаг; 4 – кулачок; 5 – пружина; 6 – тормозной диск; 7 – цилиндр; 8 – рама тормоза

В дисковых тормозах (рис. 7.7) ряд дисков I фиксируется со скольжением на шпонках в неподвижном корпусе, а второй ряд дисков II получает такую же связь с тормозным валом. При сжатии обеих групп дисков силой  $N$  между ними возникает сила трения, создающая тормозной момент  $M_T$ .

$$M_T = 2iR_{cp}N\mu, \quad (7.34)$$

где  $i$  – число вращающихся дисков;

$R_{cp}$  – средний радиус тормозных дисков, см.

$$R_{cp} = \frac{R_1 + R_2}{2}. \quad (7.35)$$

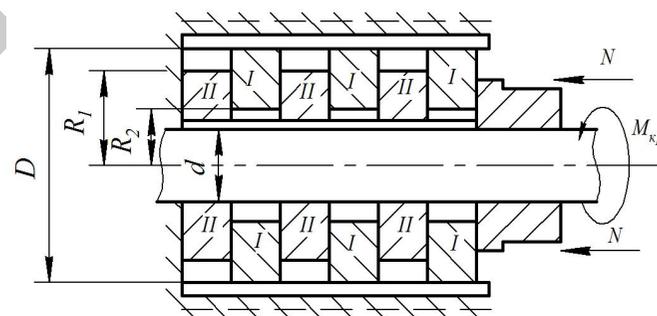


Рис. 7.7. Дисковый тормоз (схема к расчету)

Перспективными в грузоподъемных машинах являются дисково-колодочные тормоза, в которых тормозной диск 6 (рис. 7.6, б), установленный на валу механизма, вращается между двумя тормозными рычагами 2 с колодками, имеющими форму сегмента и расположенными одни против другого по обеим сторонам диска. Колодки прижимаются к диску пружинами 5. Для размыкания тормоза включается электромагнит, якорь которого, опускаясь, поворачивает рычаг 3 и кулачок 4. Последний раздвигает тормозные рычаги 2, отводя колодки от тормозного диска 6. Колодки соединены с цилиндрами 7, движущимися по направляющим, укрепленными на раме 8 тормоза. Для устранения перекосов цилиндров при повороте тормозных рычагов осуществлено шарнирное соединение

последних с цилиндрами. Такие тормоза меньше нагреваются, так как у них больше теплоотдача.

При эксплуатации тормозов необходимо следить за правильностью охвата тормозного шкива колодками или лентой, зазор между шкивами и колодками должен быть 0,25–0,5 мм для диаметра тормозного шкива  $D_T = 150–200$  мм и 0,25–1 мм – для  $D_T = 300$  мм. Рабочие тормозные поверхности необходимо содержать чистыми: на них не должно быть следов масла, грязи; не допускается также наличие выбоин. При образовании углублений и задиоров свыше 0,5 мм шкивы необходимо обтачивать. Надежная и безаварийная работа машины во многом зависит от состояния тормозных устройств.

*Конический тормоз* состоит из подвижного 2 и неподвижного 1 конусов (рис. 7.8.).

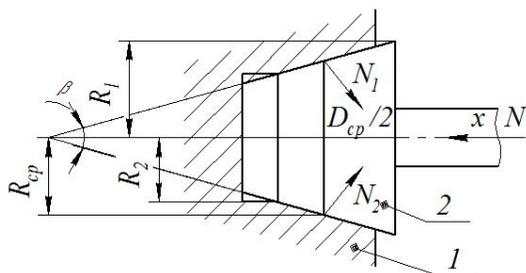


Рис. 7.8. Конический тормоз (схема к расчету)

Осевым усилием  $N$  подвижный конус 2 прижимается к неподвижному конусу 1, в результате чего на образующей конической поверхности сила трения создает тормозной момент

$$M_T = \frac{D_{cp} \mu N}{2 \sin(\beta/2)}, \quad (7.36)$$

где  $D_{cp}$  – средний диаметр конуса, см;  
 $\beta$  – угол конуса, град.

Очевидно, что при одних и тех же условиях тормозной момент возрастает при уменьшении угла конуса. Однако во избежание заклинивания конусов угол  $\beta$  не рекомендуется принимать меньше  $30^\circ$ .

## 7.5. Параметры торможения грузоподъемных машин

Тормозные устройства для *регулирования скорости грузоподъемных машин* предназначены для ограничения скорости опускаемого груза не выше заданного предела. Произвести остановку груза они не могут. Широкое применение в качестве регулятора скорости нашли центробежные тормоза, принцип работы которых состоит в том, что при увеличении скорости тормозного вала возрастает центробежная сила масс элементов тормоза. При этом создается давление на неподвижную часть тормоза, увеличивающее силы трения и тормозной момент. Обычно центробежный тормоз устанавливают на быстроходном валу. Наиболее широко применяют центробежные дисковые тормоза и тормоза с грузами внутри тормозного корпуса.

В качестве регуляторов скорости в грузоподъемных машинах применяют также гидравлические тормоза, использующие силу сопротивления жидкости, обладающей некоторой вязкостью, вращению ротора с лопастями. Применяя такие тормоза, можно опускать тяжелые грузы с ограниченной скоростью (например, в буровых лебедках при спуске колонны труб). Гидравлические тормоза позволяют увеличить скорость движения и массу опускающегося груза до таких значений, при которых механические тормоза уже не могут работать вследствие нагрева.

Для автоматического поддержания заданной скорости движения применяют электроиндукционные тормоза. Они состоят из неподвижного статора и ротора, связанного с валом механизма подъема груза. В кольцевую проточку ротора входит катушка возбуждения, прикрепленная неподвижно к статору. При подключении катушки к источнику постоянного тока создается магнитный поток, замыкаемый через статор и ротор, значение которого определяется числом витков катушки возбуждения и силой тока.

Магнитный поток на конкретной внутренней поверхности статора различен в зависимости от того, проходит ли над этим местом выступ или паз ротора. Вследствие этого магнитный поток изменяется, и в статоре индуцируются вихревые токи, которые, взаимодействуя с магнитным полем ротора, создают тормозящий момент. Поглощаемая тормозом энергия превращается в теплоту, так как индуцируемые

в статоре вихревые токи нагревают статор. Поэтому необходимо предусмотреть интенсивное охлаждение статора.

*Механизм подъема груза с ручным приводом* должен быть снабжен автоматически действующим грузоупорным тормозом. Если по производственным условиям требуется опускать груз со скоростью, превышающей скорость подъема, то допускается применение безопасной рукоятки, у которой нормально закрытый тормоз размыкается нажатием на рукоятку и механизм получает возможность движения под действием веса груза. При этом скорость опускания груза регулируется притормаживанием тормозного шкива усилием нажатия на рукоятку или с помощью специального регулятора скорости.

Тормозной момент механизма подъема должен обеспечивать удержание груза номинальной массы в статическом состоянии на весу с заданным коэффициентом запаса торможения  $n_T$ , под которым понимается отношение момента  $M_T$ , к статическому крутящему моменту  $M_{ст}$ , создаваемому весом груза номинальной массы на тормозном валу и определяемому с учетом потерь в полиспасте и в механизме:

$$n_T = \frac{M_T}{M_{ст}}, \quad (7.37)$$

статический крутящий момент  $M_{ст}$  определяется по формуле:

$$M_{ст} = SD_6 z (2u_m \eta_m), \quad (7.38)$$

где  $S$  – натяжение каната, навиваемого на барабан при подъеме груза, включая вес грузозахватного устройства, Н;

$D_6$  – диаметр навивки каната на барабан, измеренный по центру сечения каната, мм;

$z$  – число канатов, навиваемых на барабан ( $z = 1$  при простом полиспасте и  $z = 2$  при сдвоенном полиспасте);

$u_m$  и  $\eta_m$  – передаточное число и КПД механизма, передающего движение от вала барабана до вала, на котором установлен тормоз.

Приведены минимально допустимые значения коэффициента запаса торможения для кранов, на которых разрешается установка одного тормоза.

Группа режима работы по ГОСТ 25835–83	1	2	3	4	5	6
$n_T$	1,5	1,5	1,5	1,75	2	2,5

*Примечание.* Для групп режима 1, 2 – привод ручной, 3–6 – машинный. По правилам Госгортехнадзора группы 1–3 относятся к легкому режиму работы, 4 – к среднему, 5 – к тяжелому, 6 – к весьма тяжелому.

Для механизмов с одним приводом и с двумя и более тормозами, а также для механизмов с двумя приводами и одним тормозом на каждом из них коэффициент запаса торможения должен быть не менее 1,25; для механизмов с двумя и более приводами и с двумя тормозами на каждом из них – 1,1; для лебедок, предназначенных для подъема людей – 2.

При установке в механизмах стопорного и грузоупорного тормозов коэффициент запаса торможения должен быть не менее 1,25 – для стопорного и 1,1 – для грузоупорного тормоза. В механизмах подъема с ручным приводом один из этих тормозов можно заменить самотормозящей передачей.

Тормоз необходимо проверить на удержание непогруженной стрелы в любом ее положении при ветре нерабочего состояния крана при  $n_T \geq 1,15$ . Кроме того, нужно проверять продолжительность торможения механизма, которая при действии момента  $M_{T \max}$  не должна превышать 4–5 с, а при отсутствии груза, ветра и невращающемся кране должна быть не менее 1,5 с.

При двухступенчатом торможении, применяемом для снижения динамических нагрузок, рекомендуется устанавливать два тормоза: один с коэффициентом запаса торможения  $n_T \geq 1,1$ , а другой, замыкаемый на 2–4 с позднее первого, с  $n_T \geq 1,25$ .

В механизмах передвижения грузоподъемных машин тормозные устройства устанавливают в тех случаях, когда грузоподъемная машина предназначена для работы на открытом воздухе; в помещении при ее движении по пути, уложенному на полу; а также, если машина перемещается по надземному рельсовому пути со скоростью более 32 м/мин. Тормозных устройств могут не иметь механизмы передвижения тележек поворотных кранов без самостоятельного двигателя; механизмы передвижения тележек мостовых кранов с ручным приводом и с приводом от электродвигателей с управлением снизу в случае невозможности самопроизвольного их движения под действием ветровой нагрузки, сил инерции или

на уклоне; механизмы передвижения грузоподъемных машин с машинным приводом и их тележек при скорости перемещения менее 32 м/мин.

Момент, создаваемый тормозом механизма передвижения, определяют исходя из обеспечения определенного коэффициента запаса сцепления  $n_{сц}$  приводных ходовых колес с рельсами, устраняющего возможность скольжения (юза) ходовых колес по рельсам в период торможения. При нормальной работе крана без ветровой нагрузки принимают  $n_{сц} = 1,2$  и при ветровой нагрузке –  $n_{сц} = 1,1$ .

Максимально допустимое замедление, при котором обеспечивается заданный коэффициент запаса сцепления  $n_{сц}$ :

$$a_{\max} = \left[ \frac{m}{z} \left( \frac{\varphi}{n_{сц}} - f \frac{d}{D_{х.к.}} \right) + (2\mu + fd) \frac{1}{D_{х.к.}} - \frac{P_{в}}{G_{к}} \right] g, \quad (7.39)$$

где  $m$  – число приводных ходовых колес;

$\varphi$  – коэффициент сцепления ходового колеса с рельсом, принимаемый для кранов, работающих на открытом воздухе, равным 0,12, а в закрытых помещениях – 0,2; для кранов, снабженных песочницами,  $\varphi = 0,25$ ;

$f$  – коэффициент трения в подшипниках (для открытых подшипников скольжения равен 0,1; установленных в буксах с жидкой смазкой – 0,08; для шариковых и роликовых подшипников качения – 0,015; для конических – 0,02);

$d$  – диаметр цапф ходовых колес, мм;

$\mu$  – коэффициент трения качения (табл. 7.2);

$P_{в}$  – усилие ветра рабочего состояния, определяемое в соответствии с ГОСТ 1454–77, Н;

$z$  – общее число ходовых колес;

$D_{х.к.}$  – диаметр поверхности качения ходового колеса по рельсу, мм;

$G_{к}$  – вес крана или тележки при работе без груза, Н;

$g$  – ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>.

Время торможения при максимально допустимом замедлении  $a_{\max}$

$$t_{т} = \frac{V_{\text{ном}}}{a_{\max}}, \quad (7.40)$$

где  $V_{\text{ном}}$  – номинальная скорость движения, м/с.

Зная время  $t_{т}$  по уравнению (7.3) определяют необходимый тормозной момент  $M_{т}$ , при работе механизма передвижения без груза при попутном ветре и движении под уклон. При отсутствии ветровой нагрузки и уклона пути этот тормозной момент создает излишне резкое торможение. Для обеспечения плавного торможения крана, а также при отсутствии ветровой нагрузки применяют двухступенчатое торможение. При этом общий тормозной момент  $M_{т}$  развивается тормозом последовательно двумя ступенями. Тормозной момент первой ступени  $M_{т1}$  определяют при отсутствии ветровой нагрузки и движении по горизонтальному пути. Тормозной момент второй ступени  $M_{т2} = M_{т} - M_{т1}$  развивается с выдержкой времени 2–3 с после начала действия момента  $M_{т1}$ . Тормозные устройства кранов, работающих на открытом воздухе и не имеющих специальных противоугонных устройств, предотвращающих угон крана ветром нерабочего состояния, должны обеспечивать удержание крана без груза на уклоне рельсового пути в неподвижном состоянии при коэффициенте запаса торможения  $n_{т} = 1,2$ . Эти же тормозные устройства должны предотвращать угон крана при действии предельной ветровой нагрузки рабочего состояния при коэффициенте запаса торможения  $n_{т} = 1,15$ .

Таблица 7.2

Коэффициент трения качения  $\mu$

Материал ходовых колес	Тип рельса	Диаметр ходового колеса, мм				
		200–300	400–500	600–700	800	900–1000
Сталь	Плоский	0,03	0,05	0,06	0,07	0,07
	с выпуклой головкой (Р и КР)	0,04	0,06	0,08	0,10	0,12
Чугун	Плоский	0,04	0,06	0,08	0,09	0,09
	с выпуклой головкой (Р и КР)	0,05	0,07	0,09	0,12	0,14

Тормоза механизмов передвижения кранов, работающих на наземных рельсовых и безрельсовых путях, должны удерживать кран и его грузовую тележку при действии предельной ветровой нагрузки рабочего состояния и коэффициенте запаса торможения относительно ветровой нагрузки, равном 1,6. Если установленные на кране тормоза не обеспечивают заданного коэффициента запаса торможения,

то кран должен быть снабжен специальными противоугонными устройствами.

В механизмах поворота грузоподъемных кранов с машинным приводом установка тормозного устройства обязательна. В механизмах с ручным приводом их устанавливают только в случае возможности самопроизвольного поворота под действием ветровой или какой-либо другой нагрузки.

Тормоза механизмов поворота (за исключением механизмов башенных и порталных кранов) должны быть нормально закрытые, автоматически размыкающиеся при включении привода. На механизмах поворота башенных, стреловых с башенно-стреловым оборудованием кранов допускается устанавливать управляемые нормально открытые тормоза. В этом случае тормоз должен иметь устройство для фиксации его в замкнутом положении.

Согласно требованиям Госгортехнадзора тормоз должен останавливать поворотную часть крана на допустимом пути торможения при наличии допустимого уклона и действия ветровой нагрузки рабочего состояния и в направлении поворота, а также обеспечивать плавное торможение при отсутствии ветра.

В зависимости от конструктивной схемы механизма поворота (наличия или отсутствия муфты предельного момента) тормозной момент вычисляют для кранов с электроприводом двумя методами. При наличии муфты предельного момента, установленной между тормозом и осью поворота крана, тормозной момент определяют по зависимости:

$$M_T = \frac{n'_T M_{\text{пм}} \eta}{u}, \quad (7.41)$$

где  $n'_T = 1,5$  – коэффициент, учитывающий инерцию ротора двигателя, соединительных муфт и др.;

$M_{\text{пм}}$  – расчетный момент муфты предельного момента;

$u$  и  $\eta$  – соответственно передаточное число и КПД части механизма между валом двигателя и валом, на котором установлена муфта предельного момента.

При использовании на кране управляемых тормозов момент, определенный по уравнению (7.41), при нормальном усилии на педали

(рычаге) управления должен обеспечить время торможения, равное 3–5 с при отсутствии ветровой нагрузки и 4–10 с при наличии ветровой нагрузки рабочего состояния.

При отсутствии муфты предельного момента тормозной момент определяют по времени торможения  $t_T$ , принимая его равным времени пуска, чтобы обеспечить замедления при торможении, равные по абсолютному значению ускорениям при пуске.

Большую часть приводов машин непрерывного транспорта снабжают остановами или фрикционными тормозными устройствами, которые блокируются с предохранительными устройствами. На приводах наклонных конвейеров с тяговым органом устанавливают автоматические тормозные или стопорные устройства. Они предохраняют полотно конвейера от самопроизвольного обратного движения под действием веса лежащего на нем груза при выключении приводного двигателя и необходимы в случае, когда продольная составляющая веса груза больше сил сопротивления движению полотна. На конвейерах с перемещением груза вниз тормозное устройство служит для остановки всех движущихся масс конвейера и груза с последующим удержанием конвейера в неподвижном состоянии.

При горизонтальном транспортировании груза системой конвейеров тормозные устройства необходимы для уменьшения времени и длины выбега после выключения приводного двигателя. При этом устраняется завал грузом впереди расположенного конвейера или технологического агрегата, а также предупреждается возможность несчастного случая при аварийной остановке конвейера. Быстроходные горизонтальные конвейеры также часто снабжают тормозным устройством, ускоряющим остановку конвейера. В этом случае расчетную длину выбега, а следовательно, и необходимый тормозной момент определяют по объему бункера, предназначенного для приема груза с данного конвейера за период выбега.

Для предупреждения завалов перегрузочных пунктов последовательной системы конвейеров вся линия должна останавливаться одновременно. Время торможения линии определяют по уравнению (7.40) для конвейера, обладающего наибольшей инерционностью. В наклонных конвейерах с мощностью привода до 75 кВт обычно ограничиваются установкой храпового или роликового останова, а при более высокой мощности применяют фрикционные тормозные

устройства. При этом тормоз и останов рассчитывают на крутящий момент, возникающий при движении полотна в обратном направлении под действием транспортируемого груза.

Для мощных конвейерных установок для обеспечения устойчивого положения насыпного груза на полотне конвейера целесообразно производить остановку за счет свободного выбега, используя тормоза только при аварийном торможении. Тормозной момент для обеспечения нормальной работы конвейера не должен превышать значения, определенного из условия возникновения пробуксовки ленты по барабану. Тормозной момент для этих конвейеров находят после тягового расчета по формуле:

$$M_T = \frac{(S'_{нб} - S'_{сб})(D_б + \delta_n)\eta_0}{2u_0}, \quad (7.42)$$

где  $S'_{нб}$  и  $S'_{сб}$  – усилия в ленте в точках набегания на приводной барабан и сбегания с него, полученные при проведении тягового расчета отдельно для рабочей и холостой ветвей (начиная с точек касания ленты с натяжным барабаном) при загрузке только круто-наклонных участков, Н;

$D_б$  – диаметр барабана, мм;

$\delta_n$  – толщина ленты, мм;

$\eta_0$  и  $u_0$  – КПД и передаточное число от вала барабана до тормозного вала.

*Привод эскалатора* оборудуют одним или двумя одновременно и автоматически действующими рабочими нормально закрытыми тормозами, расположенными на выходном валу редуктора, и одним или двумя также одновременно и автоматически действующими аварийными тормозами, расположенными на главном приводном валу и создающими замедление при опускании 2 м/с<sup>2</sup> с нарастающим тормозным моментом. Эскалаторы малой высоты (до 12 м) имеют рабочий и аварийный тормоза, смонтированные на одной из тяговых звездочек, эскалаторы средней и большой высоты – два рабочих и два аварийных тормоза. Эскалаторы с двумя приводами имеют четыре одновременно действующих рабочих тормоза – по два на каждой приводной группе. Аварийных тормозов эти эскалаторы не имеют.

Рабочие тормоза должны действовать при любом отключении электродвигателя главного или вспомогательного приводов, обеспечивая замедление 0,6 м/с<sup>2</sup> при постоянном тормозном моменте при спуске и 1 м/с<sup>2</sup> – при подъеме. Замедления определены при действии суммарного усилия, рассчитанного из условия удержания двойной эксплуатационной нагрузки (без учета дополнительных усилий, создаваемых демпферами по окончании торможения).

Наиболее спокойно переносят пассажиры торможение, выполняемое по трапецеидальному закону изменения тормозного момента, – плавное нарастание в начале торможения, постоянное значение в средней части процесса и плавное убывание – в конце торможения.

Аварийные тормоза должны срабатывать при увеличении скорости, лестничного полотна на 80 % от номинальной или при самопроизвольном изменении направления движения полотна, работающего на подъем, обеспечивая регламентированные замедления. Тормоза должны действовать автоматически при любом нарушении кинематической связи в приводе между валом двигателя и главным валом эскалатора, отказе рабочих тормозов и при нарушении магнитной связи с электродвигателем и затормаживать лестничное полотно при движении его на спуск.

Расчетный тормозной момент рабочего тормоза эскалатора при  $n_T = 2$

$$M_T = 2(M_{стз} - M_{сопр}), \quad (7.43)$$

где  $M_{стз}$  – статистический момент от эксплуатационной нагрузки, приведенный к валу электродвигателя;

$M_{сопр}$  – приведенный к валу двигателя статистический момент от сопротивлений на трассах полотна, поручня и в механизме привода эскалатора и поручня при эксплуатационной нагрузке.

Тормозной момент, необходимый для обеспечения нормативных замедлений, определяют по основному уравнению (7.19), справедливому для торможения эскалатора без нагрузки. Тогда при работе с нагрузкой замедления не будут превышать нормативных значений.

## Контрольные вопросы и задания

1. Что понимается под тормозными устройствами и для чего они предназначены?

2. По какому принципу классифицируют исполнительные механизмы тормозных устройств-тормоза?

3. Как различают тормоза по конструктивному исполнению рабочих элементов?

4. Приведите уравнение моментов в период торможения согласно принципу Д'Аламбера.

5. Как определяются угловая скорость, ускорение и путь при постоянном затормаживающем моменте, характерном для большинства тормозных устройств?

6. За счет чего происходит торможение механизма колодочным тормозом, и какие бывают колодочные тормоза в зависимости от количества колодок?

7. Как определить тормозной момент на любом валу привода для остановки вращения вала?

8. Как определяется сила нормального давления между колодками и шкивом с учетом коэффициента трения колодки по шкиву?

9. Охарактеризуйте принцип действия колодочных тормозов с пружинным замыканием.

10. В чем заключается особенность колодочных тормозов с электрогидравлическими толкателями?

11. Чем отличаются ленточные тормоза от колодочных, и каков принцип их действия?

12. За счет чего создается тормозной момент в ленточных тормозах, и как он определяется?

13. Как подразделяются тормоза с осевым нажатием, и каков принцип их действия?

14. Как работает дисково-колодочный тормоз в грузоподъемных машинах?

15. Охарактеризуйте работу тормозных устройств для регулирования скорости грузоподъемных машин.

16. Как определяется статический крутящий момент для автоматически действующего грузоупорного тормоза?

17. В каких случаях устанавливают тормозные устройства в механизмах передвижения грузоподъемных машин?

18. Как определить максимально допустимое замедление тормоза механизма передвижения, при котором обеспечивается заданный коэффициент запаса сцепления?

19. Каков принцип действия тормозного устройства в механизмах поворота грузоподъемных кранов?

20. Как оборудуют тормозными устройствами приводы эскалатора?

## 8. ОСТАНОВЫ И ПРОТИВОУГОННЫЕ УСТРОЙСТВА

### 8.1. Храповые остановы

К простейшим устройствам, служащим для удержания груза на весу, относятся *остановы* – приспособления, не препятствующие подъему груза, но исключающие возможность его самопроизвольного опускания под действием силы тяжести. В грузоподъемных машинах обычно применяют храповые, фрикционные и эксцентриковые остановы.

*Храповой останов* (рис. 8.1) состоит из храпового колеса 1 (при поступательном движении вместо колеса устанавливают зубчатую рейку, втулочно-пальцевую цепь и др.), закрепленного на валу 2 и собачки 3, установленной на оси 4 на неподвижной части механизма. Под действием собственного веса, усилия пружины (рис. 8.1, а) или противовеса (рис. 8.1, б) собачка входит в зацепление с храповым колесом, задерживая его движение при вращении в одну сторону и не препятствуя движению при вращении в другую сторону.

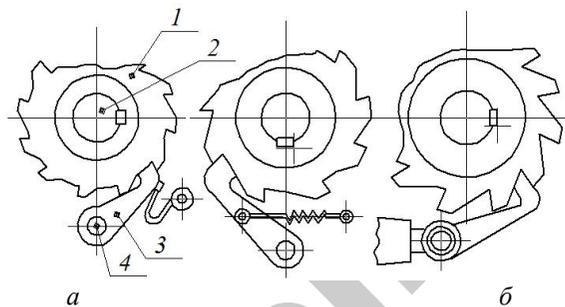


Рис. 8.1. Схемы храповых остановов: а – с пружиной; б – с противовесом:  
1 – храповое колесо; 2 – вал; 3 – собачка; 4 – ось

Для обеспечения свободного вращения храпового колеса в первом случае его необходимо вывести из зацепления с собачкой путем снятия с зацепления действующей нагрузки.

Храповые остановы могут иметь наружное, внутреннее или торцовое зацепление. Для уменьшения размеров храповой останов целесообразно размещать на быстроходном валу механизма, где действует наименьший крутящий момент. Однако в некоторых случаях (например, для повышения безопасности работ) его размещают непосредственно на исполнительной части.

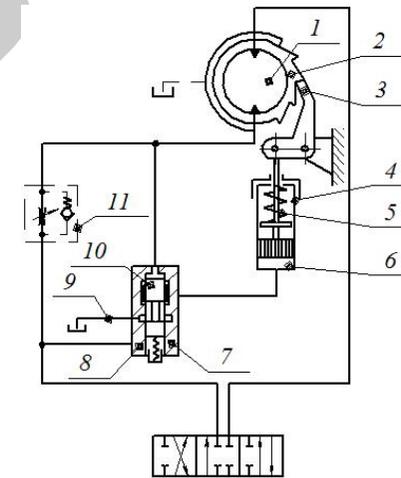


Рис. 8.2. Храповой останов с автоматической системой управления:  
1 – гидромотор; 2 – храповое колесо; 3 – собачка; 4 – гидроцилиндр; 5 – пружина;  
6 – полость гидроцилиндра; 7 – распределитель; 8 – клапан управления; 9 – сливной трубопровод; 10 – золотник; 11 – клапан гидроблока

Храповой останов для грузоподъемной лебедки имеет автоматическую гидравлическую систему управления (рис. 8.2), содержащую реверсивный гидромотор 1, соединенный с храповым колесом 2, клапан управления 8 и гидроцилиндр 4. Шток последнего соединен с собачкой 3, которая в нормально замкнутом положении удерживается пружиной 5 гидроцилиндра 4. При подъеме груза гидромотор 1 вращается против часовой стрелки, рабочая жидкость к нему подается через обратный клапан гидроблока 11, усилие пружины золотника 10 уравнивается силой давления жидкости,

поступающей в распределитель 7 из магистрали, а полость 6 гидроцилиндра соединяется со сливным трубопроводом 9. Когда груз опускается, гидроблок работает на сливе гидромотора 1, поэтому золотник 10 опускается вниз, рабочая жидкость поступает в полость 6 гидроцилиндра 4, и собачка выходит из зацепления с храповым колесом.

При вращении храпового колеса и собачки, постоянно прижимаемой к его зубьям, работа храпового соединения сопровождается характерным, неприятным шумом. Для его уменьшения применяют остановки, в которых специальное устройство, использующее силу трения, отводит собачку от храпового колеса при движении механизма в сторону подъема. Собачка 1 (рис. 8.3, а) соединена с хомутом 2, прижимающимся к валу механизма усилиями пружин 3. При вращении вала против часовой стрелки хомут под действием силы трения стремится повернуться в ту же сторону и отводит собачку от зубьев храпового колеса 4. При вращении вала по часовой стрелке хомут принудительно вводит собачку в зацепление с зубом храпового колеса.

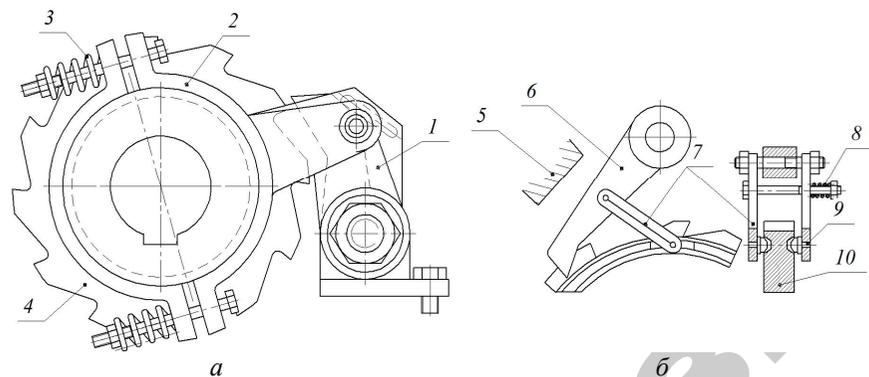


Рис. 8.3. Останов с бесшумной собачкой:

а – с хомутом; б – со скользящим рычагом: 1 – собачка; 2 – хомут; 3 – пружина; 4 – храповое колесо; 5 – упор; 6 – бесшумная собачка; 7 – планка; 8 – пружина; 9 – сухарик; 10 – храповое колесо

В показанном на рис. 8.3, б останове бесшумная собачка 6 соединена с храповым колесом с помощью планок 7, стянутых пружиной 8. На концах планок укреплены сухарики 9, скользящие по кольцевым канавкам, проточенным в торцах храпового колеса 10.

При вращении колеса против часовой стрелки планки под действием силы трения отводят собачку от храпового колеса до упора 5. При вращении колеса в обратном направлении планки вводят собачку в зацепление. При проектировании бесшумной собачки такой конструкции необходимо правильно установить соотношение плечей собачки 6 и планок 7 и выбрать место установки упора 5, так как возможно такое сочетание размеров, которое приведет к заклиниванию сухариков в канавках храпового колеса и сделает устройство неработоспособным.

Работа храпового соединения характеризуется резким ударом при контакте собачки с зубом храпового колеса и мгновенной остановкой груза. Для уменьшения динамических явлений на одно храповое колесо иногда устанавливают несколько собачек, расположенных так, чтобы они входили в соединение с зубом не одновременно, а со сдвигом на какую-то часть шага. Тогда храповое колесо не успевает приобрести высокой скорости, и соединение собачки с зубом колеса происходит со значительно меньшим ударом.

Для ограничения обратного силового воздействия на ручной привод механизма со стороны его ведомой части применяют храповой останов следующей конструкции (рис. 8.4). В корпусе 4 жестко закреплено храповое колесо 7, а на входном валу – храповая втулка 1. В ней на осях 3 свободно насажены две пары храповых рычагов 8 и 5, причем длина рычагов 5 больше длины рычагов 8 на  $1/3$  шага зубьев колеса. Рычаги удерживаются в зацеплении с храповым колесом пружинами 6, а их закругленные концы обращены к наклонным скосам поводка ведущего вала 2. При вращении последнего по часовой стрелке или против нее скосы взаимодействуют с закругленными концами одной пары рычагов, которые поворачиваются на осях. При этом они сжимают пружины, а их плоские концы выходят из зацепления с зубьями храпового колеса до тех пор, пока ведущий выступ поводка придет в соприкосновение со стенкой выреза храповой втулки. Угол поворота поводка при этом составляет около  $3''$ . Дальнейший поворот поводка приводит к тому, что его ведущий выступ нажимает на стенку выреза храповой втулки, и последняя начинает вращаться вместе с поводком.

В то же время плоские концы другой пары рычагов под действием пружин прижимаются к зубьям колеса и при вращении храповой втулки проскальзывают по зубьям. При возникновении со стороны

храповой втулки крутящего момента обратного направления (встречное или обгонное движение втулки с частотой, превышающей частоту вращения поводка) один из рычагов 8 или 5 под действием пружины своим плоским концом упирается в зуб храпового колеса, вследствие чего вращение храповой втулки прекращается. Наличие двух пар рычагов с разной длиной плеч повышает надежность работы останова и уменьшает его обратный ход, сокращая время начала торможения.

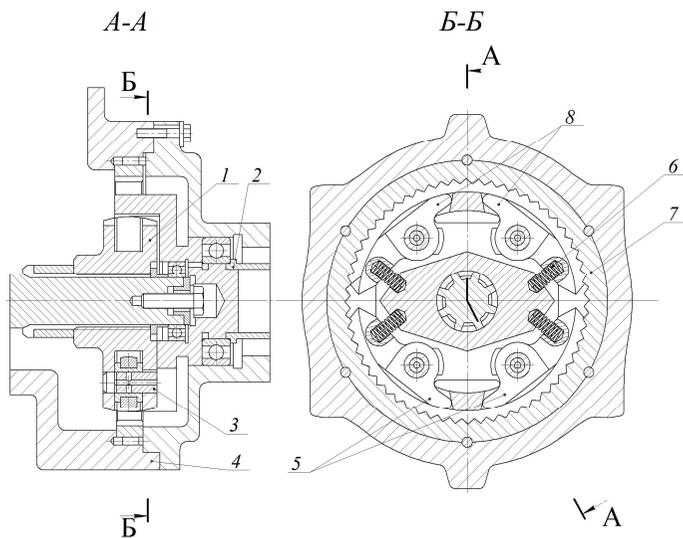


Рис. 8.4. Храповой останов для ограничения обратного силового воздействия на ручной привод: 1 – храповая втулка; 2 – ведущий вал; 3 – ось; 4 – корпус; 5 – храповой рычаг; 6 – пружина; 7 – храповое колесо; 8 – храповой рычаг

Храповой останов рассчитывают для случая, когда собачка упирается в вершину зуба храпового колеса (рис. 8.5, а).

Распределенная нагрузка, действующая на кромку зуба колеса и собачки определяется по формуле:

$$q = \frac{P}{b} \leq [q], \quad (8.1)$$

где  $P$  – окружное усилие, Н;

$b$  – ширина кромки зуба, см;

$[q]$  – допустимая распределенная нагрузка, Н/см<sup>2</sup>.

Окружное усилие согласно рис. 8.5, б, может быть определено по формуле:

$$P = \frac{2M}{(zm)} = \frac{2M}{D}, \quad (8.2)$$

где  $M$  – крутящий момент на валу храпового колеса, Н·м;

$D$  – диаметр храпового колеса, м;

$z$  – число зубьев храпового колеса;

$m$  – модуль зацепления храпового колеса.

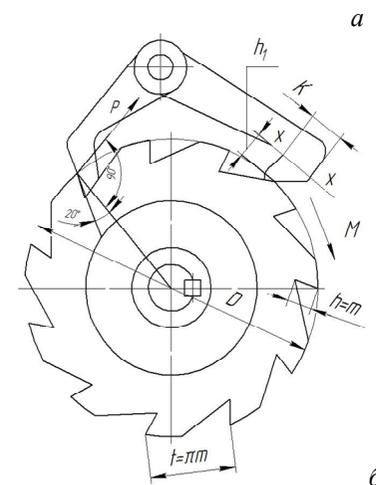
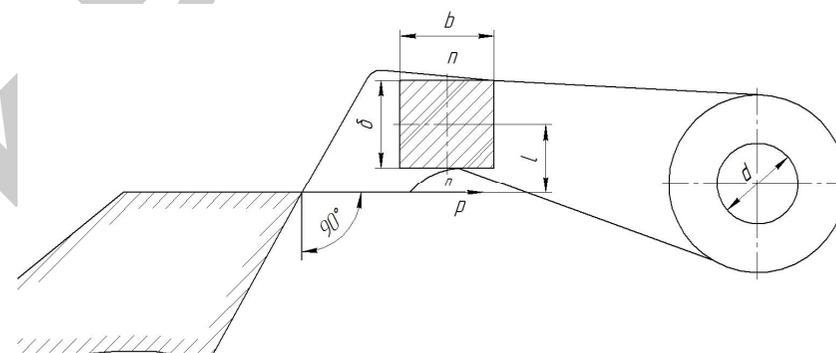


Рис. 8.5. Схема для расчета: а – собачки; б – храпового колеса

Соотношение между шириной зуба и модулем зацепления определяется коэффициентом  $c = b/m$ , с учетом материала храпового колеса и степени точности сопряжения зубьев колеса и собачки (табл. 8.1). Ширину собачки принимают на 2–4 мм больше ширины зуба храпового колеса.

Таблица 8.1

Параметры храпового зацепления

Материал храпового колеса	Коэффициент $c$	Допускаемая распределенная нагрузка $[q]$ , Н/см <sup>2</sup>	Допускаемое напряжение изгиба $[\sigma_n]$ , МПа
Чугун СЧ18; СЧ15	1,5–6,0	1500	30
Сталь 35Л11, 55Л11	1,5–4,0	3000	80
Сталь Ст3 сп3	1,0–2,0	3500	100
Сталь 45–2–а(б)	1,0–2,0	4000	120

Модуль зацепления храпового колеса при расчете кромок на смятие определяется по формуле:

$$m = \sqrt{\frac{2M}{zc[q]}} \quad (8.3)$$

Зуб проверяют на изгиб (при  $m < 6$  мм) для внешнего зацепления по формуле:

$$m \geq 1,75 \sqrt[3]{\frac{M}{cz[\sigma_n]}} \quad (8.4)$$

Для внутреннего зацепления – по формуле:

$$m \geq 1,13 \sqrt{\frac{M}{cz[\sigma_n]}} \quad (8.5)$$

где  $[\sigma_n]$  – допускаемое напряжение изгиба, определяемое по коэффициенту запаса прочности, принимаемое по табл. 8.1.

Напряжения в зубе храпового колеса проверяют по формулам:  
– для внешнего зацепления

$$\sigma_n = \frac{5,35M}{(m^3zc)} < [\sigma_n]; \quad (8.6)$$

– для внутреннего зацепления

$$\sigma_n = \frac{1,33M}{(m^3zc)} < [\sigma_n]. \quad (8.7)$$

Каждую собачку, независимо от их числа в храповом устройстве, необходимо рассчитывать на полное окружное усилие и изготавливать из материала, имеющего механические свойства не ниже свойств стали 45–2–а (б).

В зависимости от конструктивного исполнения собачка работает на изгиб и сжатие или на изгиб и растяжение.

Напряжение в расчетном сечении  $n-n$  собачки (рис. 8.5, а), работающей на изгиб и сжатие, определяют по формуле:

$$\sigma = \frac{6Pl}{(b\delta^2)} + P(b\delta) < [\sigma_n], \quad (8.8)$$

где  $b, \delta$  – соответственно ширина и высота собачки в сечении  $n-n$ , см;  
 $l$  – плечо изгиба собачки, см.

Собачку, работающую на растяжение и изгиб, проверяют также на изгиб в сечении  $x-x$  (рис. 8.5, б):

$$\sigma = \frac{6Ph_1}{(bk^2)} < [\sigma_n], \quad (8.9)$$

где  $h_1$  – расстояние от кромки зуба храпового колеса до направляющей собачки, см;

$k$  – длина сечения зуба собачки, см.

Ось собачки проверяют на изгиб по формуле:

$$\sigma_{и} = \frac{Pb_1}{0,1d^3} \leq [\sigma_{и}], \quad (8.10)$$

где  $b_1$  – плечо действия окружного усилия, равное расстоянию от центра сечения собачки до заделки оси собачки, см;

$d$  – диаметр оси, см.

Ось изготавливают из материала, имеющего механические свойства не ниже свойств стали 35–2–а (б).

## 8.2. Фрикционные и эксцентрикые остановы

Во фрикционных (с телами качения – роликами, шариками) и эксцентриковых остановах используются силы трения, благодаря чему они по сравнению с храповыми остановами характеризуются более плавной, безударной и бесшумной работой. Наибольшее распространение имеют роликовые остановы, которые обеспечивают безударное затормаживание механизма при минимальной частоте вращения холостого хода, предшествующего остановке механизма.

Роликовый останов (рис. 8.6) состоит из неподвижно закрепленного корпуса  $1$ , втулки  $2$  и заложенных в клиновые (с плоской рабочей поверхностью) пазы роликов  $3$ . При вращении втулки  $2$  против часовой стрелки ролики увлекаются силами трения в наиболее широкую часть паза, что обеспечивает свободное вращение втулки. При перемене направления вращения ролики переходят в узкую часть паза, что приводит к их заклиниванию и к остановке втулки. Надежное заклинивание роликов обеспечивается при угле заклинивания  $\alpha = 6-10^\circ$ . Для уменьшения предшествующего заклиниванию холостого хода, что обеспечивается постоянным контактом роликов с рабочими поверхностями корпуса и втулки, во втулке устанавливают толкатели  $5$  с пружинами  $4$ . Перемещение роликов в осевом направлении и их перекося предотвращаются дисками  $6$ , прикрепленными к втулке.

Корпус и втулку остановов изготавливают, как правило, из стали 20Х, с твердостью рабочих поверхностей HRC 56–60 и глубиной цементации, в зависимости от их диаметра, 0,8–2 мм. Для роликов обычно используют – сталь ШХ15 (HRC 59–63), а также стали У8А (HRC 60–62) или У10 (HRC 59–62).

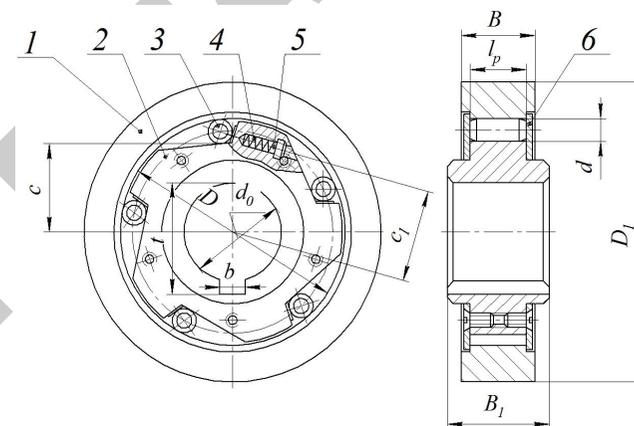


Рис. 8.6. Роликовый останов:

1 – корпус; 2 – втулка; 3 – ролики; 4 – пружина;  
5 – толкатели; 6 – диск

В роликовом останове, который для повышения безопасности устанавливается непосредственно на барабане грузоподъемной машины (рис. 8.7), цилиндрическая часть  $1$  закрепленного основания  $8$  облицована фрикционными накладками  $3$ . Внутри нее размещен конец барабана  $6$ , на котором установлены секторы  $7$  с криволинейными рабочими поверхностями. Между ними и подвижными секторами  $5$  размещены ролики  $4$ . Крутящий момент от привода передается на барабан через кольцо, кулачки  $2$  которого находятся между секторами.

При работе привода и вращении кольца в ту или другую сторону кулачки взаимодействуют с торцами сектора  $7$  и обеспечивают вращение барабана, а между секторами  $5$  и накладками  $3$  сохраняется зазор. При отключении привода барабан под действием момента от веса груза стремится повернуться по стрелке, вследствие чего секторы  $5$  смещаются, прижимаются к накладкам и затормаживают барабан.

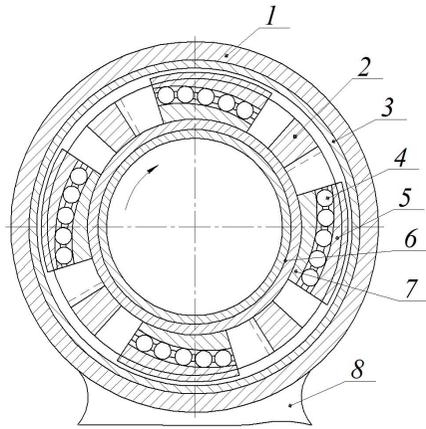


Рис. 8.7. Роликовый останов барабана грузоподъемной машины:  
1 – цилиндрическая часть барабана; 2 – кулачок; 3 – фрикционная накладка;  
4 – ролик; 5 – подвижный сектор; 6 – барабан; 7 – сектор; 8 – основание

Роликовый останов (рис. 8.8) рассчитывают по крутящему моменту

$$M_{\text{расч}} = k_{\text{д}} k_{\text{т}} M, \quad (8.11)$$

где  $M$  – номинальный крутящий момент, Нм;

$k_{\text{д}} = k_{\text{дв}} + k_{\text{м}}$  – коэффициент динамичности, равный сумме коэффициента  $k_{\text{дв}}$ , зависящего от типа примененного двигателя и коэффициента  $k_{\text{м}}$ , зависящего от типа машины ( $k_{\text{дв}} = 0,25$  – при электрическом гидравлическом приводе, 0,4 – при шестицилиндровом двигателе внутреннего сгорания, 0,5 – при четырехцилиндровом двигателе внутреннего сгорания;  $k_{\text{м}} = 1,2$  – для легких металлообрабатывающих станков, элеваторов, ленточных конвейеров подъемников; 1,4 – для долбежных станков, прессов, компрессоров, подвесных дорог и барабанов транспортирующих машин; 1,6 – для тракторов, молотов, мельниц, шахтных вентиляторов; 2 – для грузоподъемных кранов, ковочных прессов, камнедробилок, пассажирских лифтов, экскаваторов);

$k_{\text{т}} = 1,1$ –1,5 – коэффициент неравномерности распределения нагрузки, вызванной погрешностями изготовления.

Максимальное касательное напряжение в месте контакта ролика с корпусом определяется по формуле:

$$\tau = 0,142 \sqrt{\frac{M_{\text{расч}} E}{z R l_p r \cdot \text{tg} \left( \frac{\alpha}{2} \right)}} \leq [\tau], \quad (8.12)$$

где  $E$  – приведенный модуль упругости материалов ролика и корпуса, МПа;

$z = 3/5$  – число роликов;

$R$  – радиус расточки корпуса, см;

$l_p$  – рабочая длина ролика, см;

$r$  – радиус ролика, мм;

$\alpha$  – угол заклинивания;

$[\tau]$  – допустимое контактное касательное напряжение, зависящее от числа циклов нагружения останова и числа роликов ( $[\tau] = 350$ –620 МПа).

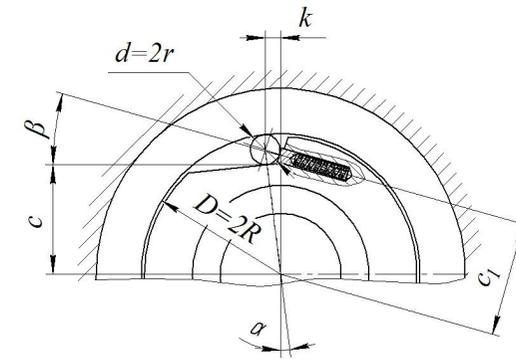


Рис. 8.8. Схема для расчета роликового останова

Внутренний  $D$  (мм) и наружный  $D_1$  (мм) диаметры корпуса (см. рис. 8.6, 8.8) можно определить по следующим формулам:

$$D \approx 16,6 \sqrt[3]{\frac{0,1 M_{\text{расч}}}{z}}; \quad D_1 = D + 2h, \quad (8.13)$$

где  $h$  – толщина корпуса [принимают  $h = \frac{D}{(5/8)}$ ].

Угол заклинивания  $\alpha$  равен

$$\alpha = \arccos \left[ \frac{(2c + d)}{(D - d)} \right]. \quad (8.14)$$

Длина ролика  $l_p = 1,5d$ .

Конструктивные размеры:

$$c = \frac{[\cos \alpha (D - d)]}{2}; \quad (8.15)$$

$$k \approx \sqrt{0,5D^2 - 4(c + d)^2}; \quad (8.16)$$

$$c_1 = [0,5(2c + d) - ktg\beta] \cos\beta, \quad (8.17)$$

где  $\beta \approx 15^\circ$ .

Наряду с роликами в остановах в качестве рабочего элемента применяют и шарики. На рис. 8.9 показан останов с шариками, расположенными на торцовых поверхностях. Диск 1 останова, закрепленный на валу 2 механизма, имеет на наружной поверхности зубцы 3, на торцах которых выполнены скосы 9. С последними взаимодействуют шарики 4, перемещающиеся по беговым дорожкам колец 6, закрепленных в неподвижном корпусе 5. При вращении диска в направлении стрелки шарики заклиниваются между ним и кольцами 6 и удерживают диск и вал 2 от вращения. При перемене направления вращения диска шарики под действием пружин 8 отходят от скосов, и диск вращается свободно. Обойма 7, надетая на диск, удерживает шарики от радиального смещения.

В эксцентриковых остановах рабочая часть – эксцентрик – под действием собственного веса или усилия пружины взаимодействует со шкивом или другой вращающейся частью механизма, обеспечивая его затормаживание. Эксцентрики могут контактировать с цилиндрической (рис. 8.10, а), с клиновой наружной (рис. 8.10, б) и клиновой внутренней (рис. 8.10, в) рабочими поверхностями шкива. При его вращении против направления, указанного стрелкой, незначительная сила трения, возникающая между шкивом и эксцентриком,

стремится отвести последний в сторону. При перемене направления вращения происходит заклинивание эксцентрика между его осью и шкивом, в связи с чем сила трения значительно возрастает и движение шкива прекращается.

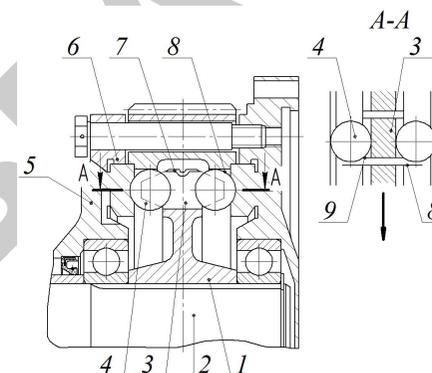


Рис. 8.9. Торцовый шариковый останов:  
1 – диск останова; 2 – вал; 3 – зубья; 4 – шарик; 5 – неподвижный корпус;  
6 – кольцо; 7 – обойма; 8 – пружина; 9 – скос

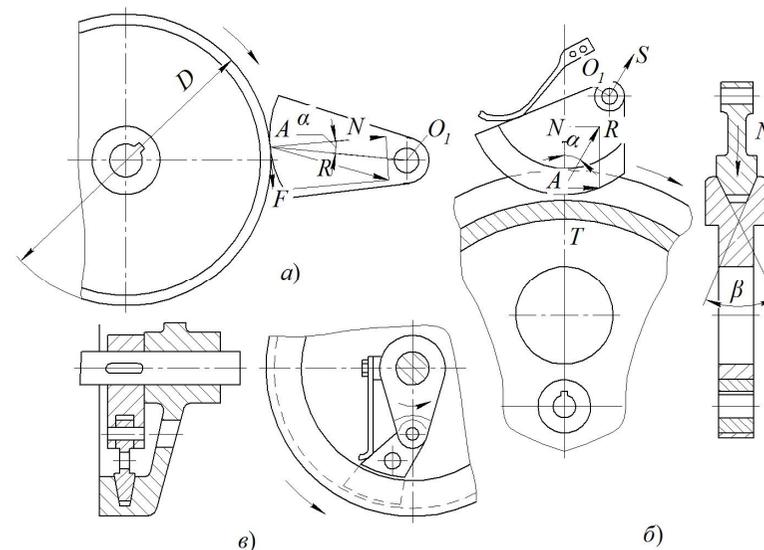


Рис. 8.10. Схема эксцентриковых остановов

Сила трения, необходимая для остановки цилиндрического шкива (рис. 8.10 а), нагруженного крутящим моментом  $M$ , будет равна

$$F = Nf \geq P = \frac{2M}{D}, \quad (8.18)$$

где  $N$  – нормальное усилие прижатия эксцентрика, Н;

$f$  – коэффициент трения между эксцентриком и шкивом (для деталей из стали или наличия смазки,  $f = 0,08-0,10$ );

$P$  – окружное усилие, Н.

Для остановки вращающейся части (шкива) равнодействующая  $P$  сил  $N$  и  $F$  должна создавать момент относительно оси вращения эксцентрика  $O_1$ , способствующий его заклиниванию, то есть угол  $\alpha$  между радиусом шкива, проведенным в точку  $A$  касания его с эксцентриком, и прямой, соединяющей эту точку с осью вращения эксцентрика, должен быть меньше угла трения.

Сила трения, необходимая для остановки шкива с клиновой рабочей поверхностью (см. рис. 8.10, б) определяется по формуле:

$$F \geq P = \frac{Nf}{\sin\left(\frac{\beta}{2}\right)}, \quad (8.19)$$

где  $\beta = 40-50^\circ$  – угол клиновидной канавки.

Условие заклинивания эксцентрика:

$$\alpha < \frac{\text{arctg}\alpha}{\sin \beta / 2}. \quad (8.20)$$

На вал шкива действует радиальная сила

$$T = \frac{P}{\text{tg}\alpha},$$

а на ось эксцентрика –

$$S = \frac{P}{\sin \alpha}.$$

### 8.3. Противоугольные устройства

Противоугольные устройства устанавливают на грузоподъемных кранах, работающих на открытом воздухе и перемещающихся по рельсовым путям, для обеспечения их удержания от угона и опрокидывания при действии ветровой нагрузки. Их разделяют на остановки, действие которых основано на трении между рельсом и ходовой частью крана; стопорные устройства, связывающие кран с неподвижной частью площадки; рельсовые захваты, охватывающие или зажимающие подкрановые рельсы.

Остановы основных типов показаны на рис. 8.11, а–г. *Закладной башмак* (рис. 8.11, а) устанавливается на рельс вплотную к колесу крана и за счет клиновидности обеспечивает создание необходимой силы трения с рельсом при наезде на него колеса. *Домкратный останов* (рис. 8.11, б) имеет винт  $1$  со штурвалом или рукояткой для вращения, с помощью которого прижимается к головке рельса стальной башмак  $2$ , воспринимающий часть веса крана. Обычно его монтируют на раме ходовой тележки или на затяжной балке портала. Для облегчения завинчивания подпятник винта иногда снабжают шариком. У мостовых кранов винт заблокирован с конечным выключателем, который замыкает электрическую цепь механизма передвижения только после того, как башмак поднят над рельсом.

*Кулачковый останов* (рис. 8.11, в) состоит из двух кулачков – эксцентриковых сегментов  $5$ , насаженных на оси вращения  $3$ , закрепленных в концевой балке  $6$  моста или на раме ходовой тележки. Управление осуществляется с помощью рукоятки  $4$ , имеющей фиксирующий штырь и соединенной с кулачками системой тяг. Когда кулачки опущены на рельс, кран заторможен. При увеличении давления ветра и последующем сдвиге крана эксцентриковые сегменты, поворачиваясь, воспринимают повышенную нагрузку, препятствуя тем самым движению крана в обоих направлениях.

Преимуществами устройства являются надежность, быстрота приведения в готовность и автоматичность действия, что обеспечивает надежную эксплуатацию остановов на мостовых кранах большой грузоподъемности. При кулачковом останове предусматривают конечный выключатель. Следует отметить возможность полной автоматизации приведения в действие остановов с помощью электромагнита,

сблокированного с пусковой аппаратурой крана. При этом останов должен с некоторым опережением включаться при пуске электродвигателей механизма передвижения, а выключаться только после полной остановки крана.

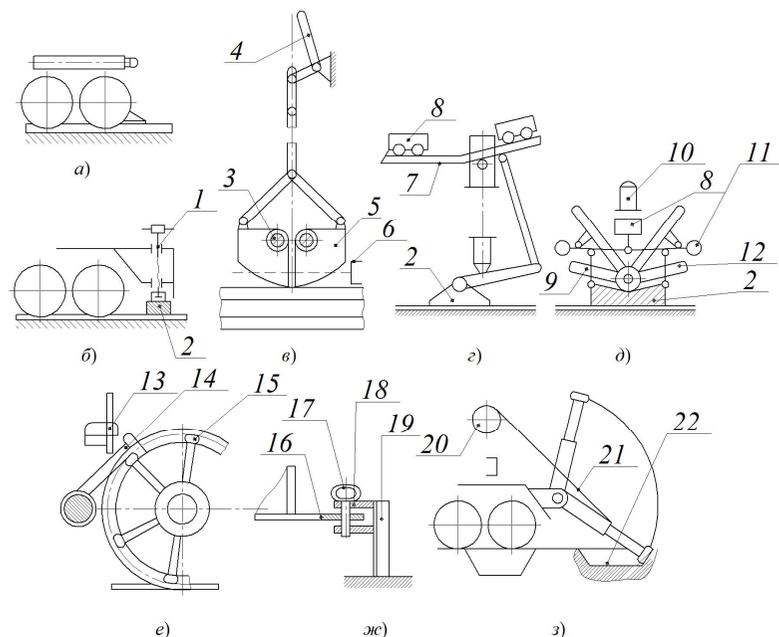


Рис. 8.11. Остановы и стопорные устройства:

*а* – закладной башмак; *б* – домкратный останов; *в* – кулачковый останов; *г* – накладной башмак; *д* – катковый останов с башмаком; *е* – храповый останов; *ж* – стопорное штыревое устройство; *з* – подъемная штанга-стопор; *1* – винт со штурвалом или рукояткой; *2* – стальной башмак; *3* – ось вращения; *4* – рукоятка; *5* – эксцентриковый сегмент; *6* – концевая балка; *7* – балка; *8* – груз; *9* – подвеска; *10* – толкатель; *11* – противовес; *12* – каток; *13* – фиксатор; *14* – собачка; *15* – не приводное колесо; *16* – скоба; *17* – штырь; *18* – проушина; *19* – стойка; *20* – лебедка; *21* – упор; *22* – приямок

На перегрузочных мостах применяют противоугольные устройства в виде накладных башмаков и катков с башмаками, которые действуют аналогично описанным ранее. На рис. 8.11, *г* показан накладной башмак *2*, приводимый в действие перекатывающимся по балке *7* грузом *8*. В показанном на рисунке положении груз прижимает башмак к рельсу.

Катковый останов имеет подвешенный к металлоконструкции башмак *2* (рис. 8.11, *д*) с вогнутой поверхностью, вдоль которой благодаря шарнирно-четырёхзвенной подвеске *9* может перемещаться каток *12* при сдвиге моста и опущенном на рельс башмаке. Чем больше сдвиг моста, тем больше сила нажатия катка, перемещающегося вверх по поверхности. Башмак опускается под действием груза *8*, связанного с электрогидравлическим толкателем *10*. Башмак уравнивается противовесом *11*.

Храповый останов (рис. 8.11, *е*) имеет собачку *14*, входящую в зацепление с зубьями обода не приводного колеса *15*. Для удержания собачки в поднятом состоянии во время работы крана служит фиксатор *13*. Преимуществом останова является простота и быстрота установки, недостатком – необходимость установки его на каждом не приводном колесе. Для большей компактности собачки двух колес устанавливаются в рабочее положение одним рычагом.

Стопорные устройства предназначены для надежного соединения крана или перегружателя с фундаментом. В штыревом устройстве (рис. 8.11, *ж*) такая фиксация осуществляется штырем *17*, который закладывается в проушины *18* стойки *19*, заделанной в фундамент, и скобы, закрепленной на ходовой раме. В некоторых случаях перегружатель оборудуют подъемным штангой-стопором с упором *21* (рис. 8.11), который опускается лебедкой *20* в приямок *22*, выполненный на пути движения крана. Таких приямков делают несколько. Рельсовые захваты основных типов показаны на рис. 8.12.

Рельсовый захват с ручным приводом и нижним расположением винта (рис. 8.13) имеет стальной корпус *1*, в пазу которого при вращении винта *5* в четырехгранной гайке *6* перемещается губка *4*. Винтовая пара закрыта кожухом *2*. Необходимый для работы крана зазор между губками и головкой рельса ограничивается упором *3*. Постоянное расположение губок захвата под головкой рельса повышает безопасность работы крана, так как благодаря этому предотвращается возможность схода ходовых колес с рельсов. Недостатком конструкции является низкое расположение винтовой пары и повышенная возможность ее заедания при загрязнении и попадании абразивных частиц.

Ручной привод имеет также рельсовый захват с удерживающим усилием 90 кН (рис. 8.14). При вращении штурвала *3* через храповое устройство *2* и шпонку приводится во вращение винт *4*.

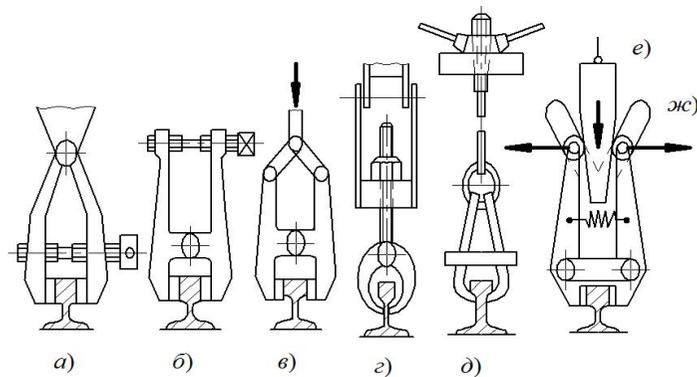


Рис. 8.12. Рельсовые захваты:

*a и б* – соответственно с нижним и верхним расположением винта;  
*в* – с вертикальной тягой или винтом; *г, д* – с захватом под головку рельса;  
*е* – с клиновым приводом; *ж* – с наклонными направляющими

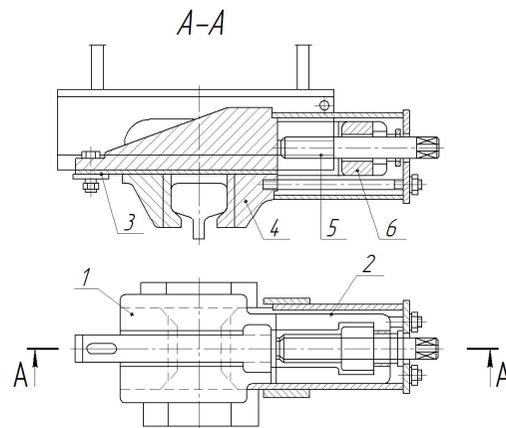


Рис. 8.13. Рельсовый захват с нижним расположением винта:

*1* – стальной корпус; *2* – кожух; *3* – упор; *4* – губка; *5* – винт;  
*6* – четырехгранная гайка

Через бронзовую гайку *1* он заставляет поступательно двигаться ползун *6*. Направление поступательного движения ползуна определено направляющими на корпусе захвата и двумя роликами на ползуне. При движении ползуна вниз его боковые поверхности через ролики *7* рычагов *8* поворачивают последние вокруг осей *9*. Рельс зажимается губками *10*. Губки изготовлены из твердой закаленной

стали с насечкой на рабочих поверхностях, зажимающих рельс. При достижении расчетного усилия на губках и расчетного момента на маховике храповое устройство срабатывает, и обеспечивается заданное усилие зажатия рельса. Вертикальное осевое усилие на винт воспринимается сферическим роликовым подшипником, допускающим отклонение винта от вертикали в пределах зазоров в направляющих и в паре винт – гайка. При движении ползуна вверх профиль его боковых поверхностей обеспечивает отвод губок от рельса, и затем подъем рычагов на расстояние 10–15 мм от рельса. Это дает возможность крану проходить места пересечения подкрановых рельсов. На корпусе рельсового захвата установлен концевой выключатель *5*, предупреждающий возможность включения электродвигателя механизма передвижения, когда рельс зажат губками.

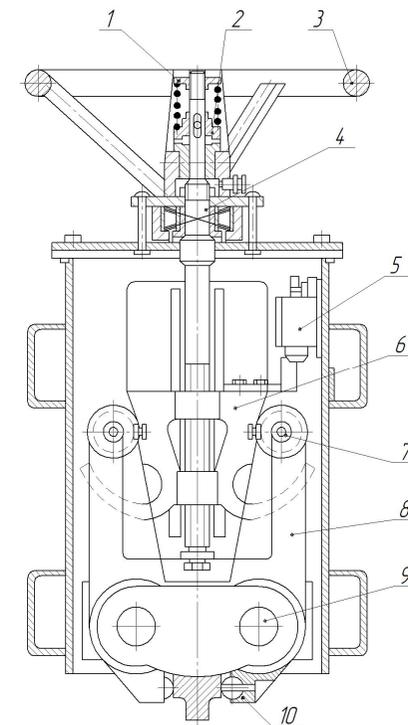


Рис. 8.14. Рельсовый захват с наклонными направляющими:

*1* – бронзовая гайка; *2* – храповое устройство; *3* – штурвал; *4* – винт;  
*5* – концевой выключатель; *6* – ползун; *7* – ролик; *8* – рычаг; *9* – ось; *10* – губка

Автоматический рельсовый захват с электромагнитом (рис. 8.15) имеет рычаги 1, шарнирно установленные в обойму 2, присоединенную к раме 3 ходовой тележки. Рычаги имеют резьбу, в которую входит винт 5 с правой и левой резьбой. Наружные концы винта находятся в подшипниках двух тяг, подвешенных к рычагу 6. Эти подшипники могут вместе с нижними частями тяг 7 перемещаться в направляющих рамы 3 тележки. В середине винта закреплен фрикционный диск 8, который приводится во вращение ходовым колесом 4 при движении крана. Благодаря двусторонней резьбе винта 5 разводятся верхние и сводятся нижние концы рычагов 1, автоматически защемляющих рельс 12. Чем больше сила ветра (и, следовательно, путь сдвига крана), тем сильнее защемление рельса. Для освобождения рельса необходимо вращать винт 5 в обратном направлении.

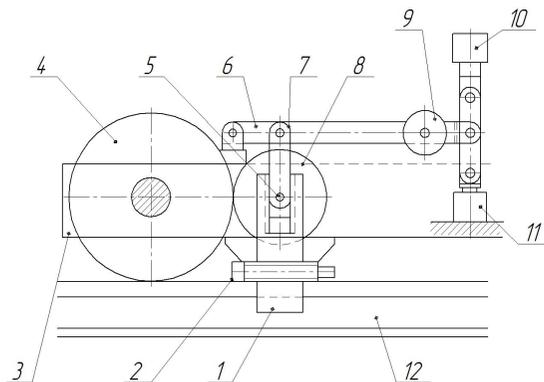


Рис. 8.15. Автоматический рельсовый захват с электромагнитом: 1 – нижний конец рычага; 2 – обойма; 3 – рама; 4 – ходовое колесо; 5 – винт; 6 – рычаг; 7 – нижняя часть тяги; 8 – фрикционный диск; 9 – нажимной груз; 10 – электромагнит; 11 – гидравлический демпфер-замедлитель; 12 – рельс

Во время рабочего перемещения крана по рельсам диск 8 выведен из зацепления с колесом 4 с помощью рычага 6, который для этого вместе с нажимным грузом 9 поднимается вверх электромагнитом 10, получающим питание одновременно с электродвигателем механизма передвижения. При выключении электродвигателя и электромагнита 10 груз автоматически вводит диск 8 в зацепление с колесом, и захват готов к зажиму рельса 12. Чтобы исключить ввод диска 8 в зацепление с колесом 4 при работе крана до его полной

остановки, установлен гидравлический демпфер-замедлитель 11. Он имеет поршень с калиброванными отверстиями, так перепускающими жидкость, что диск 8 входит в зацепление с ходовым колесом только после его остановки.

Сила, удерживающая кран от угона, определяется по формуле:

$$P_y = k i m f N, \quad (8.21)$$

где  $k = 1,2-1,5$  – коэффициент запаса;

$i$  – число рабочих поверхностей захвата (для клещевых и эксцентриковых захватов  $i = 2$ , для останов –  $i = 1$ );

$m$  – число захватов на кране;

$f = 0,15-0,3$  – коэффициент трения между губкой и рельсом (большие значения принимаются для губок с насечкой);

$N$  – сила, прижимающая губку захвата к рельсу (рис. 8.16, а), равна

$$N = F[\sigma], \quad (8.22)$$

где  $F$  – рабочая площадь губки захвата, см<sup>2</sup>;

$[\sigma]$  – допустимое напряжение смятия, принимаемое для губок из закаленной стали 65Г и 60С2 (при твердости поверхности НВ 350–400) равным 200–250 МПа, из незакаленной стали 45 или 50–80 МПа.

Момент на оси винта:

– для захватов с горизонтальным винтом (рис. 8.16, б):

$$M = \frac{Nar}{btg(\alpha - \rho)}; \quad (8.23)$$

– для захватов с вертикальным винтом и распорными планками, расположенными под углом  $\beta$  к вертикали (рис. 8.16, в):

$$M_\beta = \frac{M}{tg\beta}, \quad (8.24)$$

где  $r$  – средний радиус резьбы винта;

$\alpha$  – угол подъема винтовой линии (для самотормозящихся винтов  $\alpha \approx 4-5^\circ$ );

$\rho$  – угол трения винта в гайке (при паре сталь – бронза  $\rho = 4-6^\circ$ , при стальной паре  $\rho = 8-9^\circ$ );  
 $\beta = 60-70^\circ$  – угол при прижатых к рельсу губках.

Усилие на рукоятке винта (рис. 8.16, а–в)

$$P_p = \frac{M}{R} \leq [P_p], \quad (8.25)$$

где  $R$  – плечо рукоятки, см;

$[P_p] = 250-300$  Н – усилие рабочего при кратковременной (до 5 мин) работе.

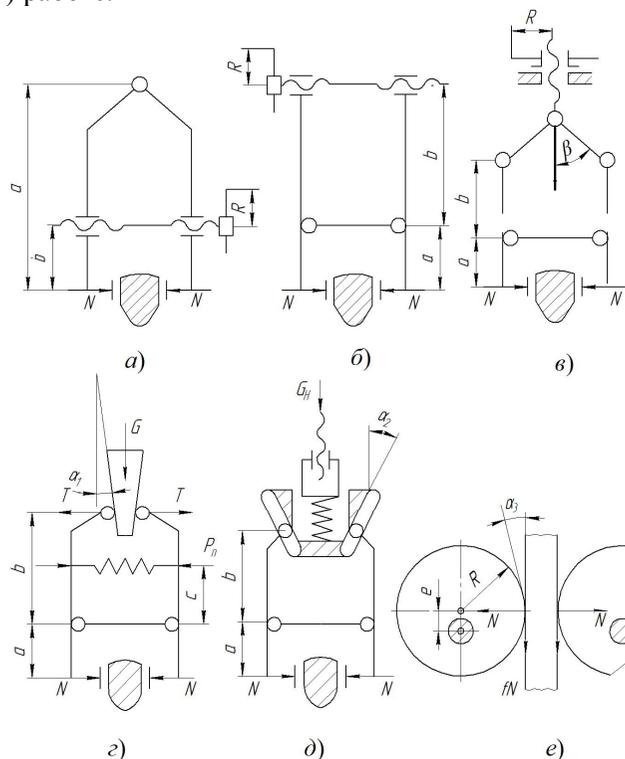


Рис. 8.16. Расчетные схемы захватов:

а и б – соответственно с нижним и верхним горизонтальными винтами;  
 в – с вертикальным винтом; г – с грузовым клином; д – с наклонными направляющими;  
 е – с эксцентриками

Основные элементы противоугонного устройства проверяют на прочность при возможном наибольшем усилии на рукоятке, равном 800 Н.

В захвате с клиновым замыканием (рис. 8.16, г) вес клина определяется по формуле:

$$G_{\text{кл}} = 2T(\text{tg}\alpha_1 - k_p), \quad (8.26)$$

где  $T$  – горизонтальная составляющая силы нажатия рычага на клин, Н;

$\alpha_1$  – угол клина;

$k_p = 0,02-0,05$  – коэффициент сопротивления качению роликов рычага по клину (большие значения для подшипников скольжения, меньшие – для подшипников качения).

Горизонтальная составляющая силы нажатия может быть определена как

$$T = \frac{aN}{b} + \frac{cP_n}{b}, \quad (8.27)$$

где  $a, b, c$  – расстояния, определяемые исходя из конструктивных особенностей захватов с грузовым краном, (см. рис. 8.16, б);

$P_n$  – усилие стягивающей рычаги пружины, определяемое по формуле:

$$P_n = \frac{1,5G_p l}{c},$$

где  $G_p$  – сила тяжести рычага, Н;

$l$  – плечо приложения силы тяжести относительно шарнира при замкнутом приложении рычагов, см.

Скорость опускания клина для уменьшения динамических нагрузок на захват не должна превышать 0,15–0,2 м/с, а время опускания должно быть больше времени, необходимого для остановки движущегося крана.

Расчетный ход клина определяется по формуле:

$$h = \frac{1,5 \left( \frac{\Delta b}{\alpha} + \delta \right)}{\operatorname{tg} \alpha_1}, \quad (8.28)$$

где  $\Delta = 0,6-0,8$  см – суммарный отход губок от рельса;

$$\delta = \frac{Tb^3}{(3EJ)} - \text{прогиб рычага от действия силы } T, \text{ см.}$$

Вертикальная сила нажатия для захвата с наклонными направляющими (рис. 8.16, д) определяется по формуле:

$$G_H = \frac{2Na}{b(\operatorname{tg} \alpha_2 + k_p)}, \quad (8.29)$$

где  $\alpha_2$  – угол наклона направляющей.

Момент на оси вертикального винта будет равен

$$M = \frac{2Na}{b(\operatorname{tg} \alpha_2 + k_p) r \operatorname{tg}(\alpha + \rho)}, \quad (8.30)$$

В захватах с эксцентриками (рис. 8.16, е) наибольший угол подъема эксцентрика  $\alpha_3 < \operatorname{arctg} f$ .

Радиус эксцентрика  $R$  и эксцентриситет  $e$  определяют из условия  $fNR - eN = 0$ , откуда  $\frac{l}{R} \leq f$ .

Расчетное усилие прижатия будет равно

$$N = \frac{P_y}{[2m \operatorname{tg}(\alpha_3 + \rho)]}. \quad (8.31)$$

Сила трения эксцентриков о рельс должна в 2–3 раза превышать сопротивление повороту их в подшипниках с учетом усилия фиксирующих эксцентрики пружин. На прочность детали захвата рекомендуется рассчитывать с учетом коэффициента динамичности, равного 1,8.

## Контрольные вопросы и задания

1. Что представляют собой устройства, служащие для удержания груза на весу?
2. Охарактеризуйте работу храпового останова, его устройство и принцип действия.
3. Чем характеризуется работа храпового останова с автоматической системой управления для грузоподъемной лебедки?
4. Храповой останов какой конструкции применяется для ограничения обратного силового воздействия на ручной привод механизма со стороны его ведомой части?
5. Как производится расчет храпового механизма для случая, когда собачка упирается в вершину зуба храпового колеса?
6. Опишите принцип действия фрикционных останов и их отличие от храповых.
7. Как рассчитывается роликовый останов по крутящему моменту?
8. Как работает эксцентриковый останов и какая сила трения необходима для остановки цилиндрического шкива?
9. Как различаются противоугонные устройства, устанавливаемые на грузоподъемных кранах?
10. На чем основан принцип работы закладного башмака и домкратного останова?
11. В чем состоят преимущества кулачкового останова?
12. Охарактеризуйте действия накладных башмаков, катковых и храповых останов как противоугонных устройств?
13. Как работают в качестве противоугонных устройств рельсовые захваты с различным расположением винта?
14. Опишите принцип действия автоматического рельсового захвата с электромагнитом.
15. Как проверяют основные элементы противоугонного устройства на прочность?

## 9. УСТРОЙСТВА АВТОМАТИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ И ДИСТАНЦИОННОГО УПРАВЛЕНИЯ КАК СРЕДСТВА ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

### 9.1. Общие положения

Одной из первоочередных мер в обеспечении безопасности работающих является планирование мероприятий по охране труда, внедрение систем (устройств) автоматического и дистанционного регулирования сигнализации производственного оборудования, технологических процессов, грузоподъемных и транспортных устройств, применение промышленных роботов в опасных и вредных производствах в соответствии с требованиями ГОСТов.

Следует иметь в виду, что в ряде случаев внедрение комплексной механизации и автоматизации приводит к резкому сокращению физической нагрузки на человека и значительному росту нервного напряжения. Поэтому возникает необходимость внедрения в практику организации труда рекомендаций по оптимальному сочетанию нервно-психических, эмоциональных и энергетических компонентов умственных и физических усилий, высокой производительности труда и его творческого характера.

Чем меньше опасных операций в технологическом цикле, тем больше показатель технической безопасности. Если все операции безопасны, то показатель технической безопасности составит 100 %.

По сравнению с оборудованием, при эксплуатации которого предусмотрены некоторые ручные операции, машины-автоматы и автоматические линии имеют значительные преимущества – у них показатель технической безопасности выше.

Автоматизация процессов освобождает человека от непосредственного участия в операциях по управлению технологическим

процессом, позволяет осуществлять точно контролируемые высокоинтенсивные процессы, что практически невыполнимо с использованием ручного труда.

*Автоматизация производственных процессов* предусматривает использование таких средств управления работой машин и оборудования, с помощью которых можно выполнять технологический процесс по заранее заданному режиму, в определенной последовательности и с установленной производительностью без физических усилий человека, но в основном под его контролем.

Различают частичную, комплексную и полную автоматизацию. Автоматизацию одной или нескольких несвязанных операций производственного процесса называют *частичной*. Ее применяют в случаях, когда непосредственное управление сложным быстротечным процессом становится практически недоступным для человека или, когда процесс ведется в условиях, опасных для жизни.

*При комплексной автоматизации* все звенья производственного процесса действуют в автоматическом режиме как единое целое, а человек контролирует их работу.

*При полной автоматизации* присутствие человека исключается из процесса управления производством и его функции выполняет машины. В этом случае ошибки, которые может допустить оператор, исключаются.

*Производственная сигнализация* является одним из звеньев непосредственной связи между машиной и человеком. Она способствует облегчению труда, рациональной организации рабочего места, безопасности работы и подразделяется на оперативную, предупредительную, опознавательную и аварийную сигнализации.

*Оперативная сигнализация* сообщает информацию о ходе технологического процесса. Обычно подача сигналов осуществляется автоматически от измерительных приборов, реле. В местах возможного скопления опасных газов устанавливают газоанализаторы, звуковые и световые сигнализирующие приборы. Вентиляционные установки в помещениях с выделением опасных газов оборудуются автоматической сигнализацией, оповещающей о снижении их производительности. Установки с водоохлаждением оснащаются сигнализацией, оповещающей о прекращении подачи воды. На пультах управления электрических печей устанавливают сигнальные лампы, указывающие на включение напряжения для нагрева элементов печи. Включение

красных сигнальных ламп производится при подаче оборудованию рабочего напряжения. Оперативную сигнализацию используют для согласования действий работающих (крановщиков, стропальщиков).

*Предупредительная сигнализация* оповещает о появлении опасности с помощью световых и звуковых сигналов. К ней относится сигнализация, предупреждающая о подаче напряжения на оборудование, о прекращении работы вентиляции в пожаровзрывоопасных помещениях, о начале перемещения мостовых кранов. К предупредительной сигнализации относятся предупредительные плакаты («Не включать! Работают люди»), указатели и надписи о допустимой нагрузке, располагаемые непосредственно в зоне обслуживания машин.

*Опознавательная сигнализация* служит для выделения опасных зон, узлов машин. Для этого используют сигнальные цвета и знаки безопасности. Опознавательной сигнализацией является окраска в соответствующие цвета баллонов со сжатыми, сжиженными газами, трубопроводов, кнопок управления, окраска в красный цвет внутренней поверхности дверцы оборудования, которая при работе должна быть закрыта.

*Аварийная сигнализация* предупреждает о возникновении аварийной ситуации и о необходимости выполнения противоаварийных мероприятий.

Система управления должна иметь устройства аварийного останова, которые срабатывают при любом нарушении установленных режимов, а также режим и устройство ручного аварийного останова по команде оператора. Аварийный останов имеет абсолютный приоритет над другими устройствами и режимами работы всех механизмов.

*Дистанционное управление* производством является самым надежным и эффективным средством по обеспечению безопасности труда.

Дистанционное управление предназначено для управления технологическими процессами или производственным оборудованием с рабочих мест, расположенных за пределами опасной зоны. При этом оператор наблюдает за ходом выполнения работ визуально или с помощью средств сигнализации. Устройства дистанционного управления изготавливают в стационарном и передвижном вариантах. Их выбирают с учетом конструкции оборудования, степени опасности производственного фактора, необходимости точного соблюдения дистанции.

## 9.2. Устройства автоматического контроля и сигнализации, основные виды и требования к ним

*Устройства автоматического контроля и сигнализации* предназначены для контроля передачи и воспроизведения информации (цветовой, звуковой, световой и др.) контрольно-измерительными приборами с целью привлечения внимания работающих и принятия ими решения при появлении или возможном возникновении опасных производственных факторов.

Наличие контрольно-измерительных приборов – одно из условий безопасной и надежной работы оборудования. Это приборы для измерения давления, температур, статистических и динамических нагрузок, концентрации паров и газов и др. Эффективность их использования повышается при объединении их с системами сигнализации, как в газосигнализаторах, срабатывающих при определенных уровнях концентрации паров, газов, пыли в воздухе.

*По функциональному назначению* эти устройства подразделяют на аварийные (извещают о возникновении опасного режима работы), информационные (информируют о виде и значении параметров, определяющих безопасность), предупредительные (предупреждают о необходимости соблюдения требований безопасности) и ответные (обеспечивают оперативную связь между лицами, обслуживающими механизмы).

*По способу срабатывания* рассматриваемые устройства могут быть автоматическими и полуавтоматическими.

*По характеру сигнала* различают световые, цветные, звуковые, знаковые и комбинированные.

*По характеру передачи* сигнала устройства делятся на постоянные и пульсирующие. Эти устройства дают информацию о работе технологического оборудования, а также об опасных и вредных производственных факторах. Большое значение имеет сигнализация, опережающая включение оборудования или подачу высокого напряжения. Она устраивается на производствах, где перед началом работы в опасной зоне могут находиться люди.

*Сигнализация безопасности* – это средство предупреждения работающих о приближающейся или возникшей опасности. Системы сигнализации включают в себя специальные автоматические

устройства, отключающие машину или установку в случае, если поданный сигнал не повлечет за собой выполнения в установленном отрезок времени определенных действий оператора по выводу оборудования на нормальный режим функционирования или приведению факторов окружающей среды к нормативным значениям. Сигнализирующие устройства служат для контроля давления, высоты, расстояния, вылета стрелы крана, температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха, содержания в нем вредных веществ, уровня звукового давления, частоты вращения, параметров колебаний.

*По устройству сигнализации* подразделяют на внешнюю (габаритные огни, стоп-сигналы, указатели поворота, фонари заднего хода) и внутреннюю (контрольные лампы давления масла в двигателе, заряда аккумуляторной батареи, включения дальнего света фар, открытия дверей, спидометр, тахометр, манометр давления воздуха в системе пневматических тормозов); *по принципу действия* – на звуковую (сирены, свистки, зуммеры, звонки, мелодии, гудки), визуальную (световую, цветовую, знаки, надписи), одоризационную (осуществляемую с помощью специальных датчиков, улавливающих изменение запахов) и комбинированную; *по характеру передачи сигнала* – на непрерывную и пульсирующую; *по назначению* – на информационную, предупредительную, аварийную и ответную; *по способу срабатывания* – на автоматическую и полуавтоматическую.

Наиболее распространены *световая и звуковая* сигнализации. Световую сигнализацию применяют в качестве одного из основных средств обеспечения безопасности на механических транспортных средствах. Она служит для предупреждения водителей и пешеходов о маневрах, совершаемых тем или иным автомобилем, трактором или другими мобильными машинами. В электроустановках световая сигнализация оповещает о наличии или отсутствии напряжения, штатном режиме автоматических линий.

*Звуковыми сигналами* снабжают грузоподъемные и транспортные установки: агрегаты, обслуживаемые группой работающих; сложные сельскохозяйственные машины с большим числом рабочих параметров, одновременно контролируемых оператором. Например, звуковой сигнал автоматически включается на зерноуборочных комбайнах при забивании барабана молотилки или шнека. При обслуживании агрегата несколькими рабочими сигнал подается для предупреждения

о принятии ими соответствующих мер безопасности. Звуковую сигнализацию применяют для оповещения работающих о достижении предельно допустимого уровня жидкости в каком-либо резервуаре, предельных температур и давления в различных установках, а также о превышении предельно допустимых концентраций или уровней вредных производственных факторов.

*К сигнализационным устройствам* относят: амперметры, вольтметры, манометры, термометры, тахометры, указатели уровня жидкости (водомерные стекла или поплавковые уровнемеры) и др. Они постоянно действуют, и посредством постоянного или периодического наблюдения за стрелкой прибора или столбиком жидкости можно следить за давлением, температурой, частотой вращения, изменением уровня жидкости в сосуде и т. д., не допуская опасного превышения (понижения) значений контролируемых параметров.

Сигнализация звуковая, цветовая, световая и знаковая является одним из звеньев непосредственной связи между машиной и человеком. Она способствует облегчению труда, рациональной организации рабочего места и безопасности работы.

К устройствам автоматического контроля и сигнализации как средствам безопасности технических систем предъявляются следующие требования:

1. *Сигнальные устройства, предупреждающие об опасности должны быть выполнены и расположены так, чтобы их сигналы были хорошо различимы и слышны в производственной обстановке всеми лицами, которым угрожает опасность.*

Требование выполнено при условии, что время действия (продолжительность) предупредительной сигнализации 3–8 с после чего возможен пуск оборудования. Если пуск за указанное время не произведен, то требуется повторное включение сигнализации.

2. *Части производственного оборудования, представляющие опасность, должны быть окрашены в сигнальные цвета и обозначены соответствующим знаком безопасности.*

Требование можно считать выполненным, если опасные рабочие органы или части производственного оборудования, представляющие опасность окрашены в сигнальные цвета (желтый, желтый с черными полосами, внутренние поверхности ограждений окрашены в желтый цвет). Снаружи ограждений, на дверцах шкафов с электрооборудованием и других местах, где необходимо обозначить наличие

опасных органов производственного оборудования, нанесены знаки безопасности. В месте присоединения заземления на желтом фоне черной краской должен быть изображен знак заземления.

3. Яркость светового сигнализатора должна быть в 5–10 раз больше яркости общего фона.

Требование считается выполненным, если световой сигнал четко различим в пределах рабочей зоны.

4. Место расположения сигнализатора должно быть выбрано так, чтобы сигнализатор входил в поле зрения оператора.

Требование можно считать выполненным, если сигнализатор расположен на рабочей оси глаз (в зоне обслуживания опасного объекта) при отклонении вверх от этой оси глаза не больше 30° и вниз – не больше 40°.

5. Сигнал (звуковой) должен быть различим на общем фоне шума производственного оборудования.

Требование выполнено, если частота шума фона отличается от частоты звука сигнала, например, при высокочастотном шуме должен быть выбран низкочастотный источник, например ревун, при низкочастотном – высокочастотный, например звонок.

### 9.3. Устройства дистанционного управления технологическими процессами

**Устройства дистанционного управления** – устройства, предназначенные для управления технологическим процессом или производственным оборудованием за пределами опасной зоны. Наблюдение за технологическим процессом осуществляется визуально или при помощи систем телеметрии и телевидения. Последние позволяют контролировать работу нескольких участков с одного пульта.

Устройства дистанционного управления применяются там, где по условиям технологии находиться в зоне работы машин и механизмов опасно. Параметры режимов работы в этих случаях контролируются дистанционно с помощью датчиков контроля, сигналы от которых поступают на пульт управления агрегатом или роботизированным комплексом.

Дистанционное управление применяется уже многие годы, но лишь относительно недавно стали появляться надежные системы

радиоуправления, которые коренным образом изменили работу кранов и другого подъемного оборудования.

Краны с подобными системами существуют уже много лет, однако до относительно недавнего времени сигналы передавались по толстому кабелю, протянутому к крану. Позволяя управлять машиной с земли или на расстоянии, этот кабель ограничивал свободу движения, и все время была опасность его повредить.

Дистанционное радиоуправление позволяет оператору контролировать работу крана с самой удобной точки, находясь с грузом. Ведь во многих случаях крановщик является одновременно и стропальщиком, и сигнальщиком. Это особенно касается кранов-манипуляторов, водители-операторы которых выполняют всю работу в одиночку.

Притом, что использование дистанционного управления может служить источником опасности (что спорно), в общем случае оно повышает безопасность, точность и прежде всего эффективность работы. Например, с его помощью оператор башенного крана может не только выбрать самое выгодное расположение, но также двигаться рядом с подъемником во время его работы. Отпадает необходимость в сигнальщике, поскольку оператор находится рядом с монтажниками и стропальщиками.

По сути дела, дистанционное управление позволяет забыть об одном из самых опасных и времязатратных аспектов подъемных работ – о взаимодействии между крановщиком и монтажниками или диспетчером на расстоянии.

С помощью современных систем радиоуправления можно управлять работой точно так же, как и из кабины крана. В том числе доступно исключительно плавное пропорциональное управление и вывод подробной информации. Но из-за высокой стоимости дистанционное управление не входит в стандартную комплектацию всей соответствующей техники. Несмотря на это, во многих странах доля такой техники, как грузоподъемные машины, доступной в вариантах с дистанционным управлением, превышает 90 %. Например, в Скандинавии, где высокая стоимость рабочей силы и безопасность имеет первостепенное значение, большинство кранов-манипуляторов и самомонтирующихся башенных кранов поставляются с дистанционным управлением. Ряд производителей также начинают включать в стандартную комплектацию простые системы дистанционного управления. На выставке SAIE, которая прошла в октябре 2011 года

в Болонье (Италия) производитель кранов-манипуляторов Atko Veba объявил о том, что весь ассортимент машин будет оснащаться ручным контроллером пистолетного типа, разработанным совместно с компанией Hetrnik.

Новый контроллер имеет рукоять под одну руку с тумблерами для каждой функции. Его кнопка одновременно является кнопкой фиксатора рукоятки управления и пропорциональным регулятором скорости. Очень способствует качественному выполнению работы то, что оператору не приходится передвигаться, поправляя подкладку во время установки опор.

При производстве работ по разгрузке сырья, топлива и других материалов, например, из больших емкостей может быть использовано устройство дистанционного управления разгрузкой. Такой процесс исключает травматизм. Он состоит из следующих операций: подтягивание лебедкой вагона в ротор вагоноопрокидывателя, опрокидывание вагона на  $175^\circ$ , возвращение вагона в исходное положение.

Следует использовать также дистанционную систему управления, в основу которой заложен дистанционный способ предоставления информации оператору и передачи управляющих сигналов. Управление осуществляется с пульта, расположенного в защищенном командном пункте.

Необходимо использовать устройство для отображения информации о состоянии оборудования на специальном табло. Устройство в автоматическом режиме определяет дефекты машины. Например, «Сработала блокировка, не закрыто ограждение».

По *принципу действия* различают следующие системы дистанционного управления: механическую, гидравлическую, пневматическую, радиоэлектрическую и комбинированную.

Механические устройства используют при расположении оборудования на относительно небольшом расстоянии от пульта управления. Наиболее распространены электрические системы дистанционного управления из-за простоты их устройства и безинерционности.

В сельскохозяйственном производстве их применяют в технологических процессах, где используются токсичные или легковоспламеняющиеся вещества (програвливание семян, окраска машин после ремонта, обеззараживание помещений птицефабрик). Дистанционно управляют также рядом операций на современных животноводческих комплексах, в самоходных зерноуборочных комбайнах, при

эксплуатации зерноочистительного, кормоприготовительного, навозоуборочного оборудования, кормораздатчиков, доильных установок.

Основные требования к системам дистанционного управления:

1. *Командные устройства системы управления должны быть сконструированы и размещены так, чтобы исключалось непроизвольное их перемещение и обеспечивалось надежное, уверенное и однозначное манипулирование, в том числе при использовании работающих средств защиты.*

Требование можно считать выполненным, если органы управления надежно фиксируются в заданном положении, должна исключаться возможность самопроизвольного включения оборудования, например при вибрации или случайном контакте.

2. *Командные устройства системы управления должны быть выполнены так, чтобы их форма, размеры и поверхность контакта с работающим соответствовали способу захвата или нажатия.*

Требование выполнено, если форма, размеры и поверхность контакта командных устройств обеспечивают свободное манипулирование ими.

3. *Система управления должна включать средства сигнализации и другие средства информации, предупреждающие о нарушениях функционирования производственного оборудования, приводящих к возникновению опасных ситуаций.*

Требование можно считать выполненным, если на специальном табло имеются устройства для отображения информации о состоянии оборудования. Это могут быть простые лампы разного цвета, выполненные так, чтобы не ослеплять работающего (зеленый сигнализирует о нормальной работе машины, красный – аварийная остановка, желтый – готовность к пуску и т. д.), могут быть более сложные табло с текстовой информацией о месте и причинах остановки оборудования.

4. *Командные устройства системы управления должны быть расположены вне опасной зоны, за исключением органов управления, функциональное назначение которых (например, органов управления движением робота в процессе его наладки) требует нахождения работающего в опасной зоне, при этом должны быть приняты дополнительные меры по обеспечению безопасности (например, снижение скорости движущихся частей робота).*

Требование можно считать выполненным, если там, где это необходимо, соблюдены безопасные расстояния до опасных органов. Определение размеров опасной зоны осуществляется по соответствующей документации. Опасной зоной могут быть участки возможного выброса опасных газов, места растекания тока, вылета частей обрабатываемого продукта.

#### 9.4. Цвета сигнальные, знаки безопасности и сигнальная разметка

*Система цветов и знаков безопасности* предназначена для выделения производственных объектов и зон по какому-либо признаку опасности в целях предупреждения несчастных случаев и аварий, не заменяя технических средств обеспечения безопасности. ГОСТ 12.04.026–01 «Цвета сигнальные, знаки безопасности и разметка сигнальная» устанавливает характеристики сигнальных цветов, форма, размеры и цвета знаков безопасности, а также порядок их применения.

*Сигнальные цвета* означают:

- красный – запрещение, непосредственная опасность, стоп или средства пожаротушения;
- желтый – предупреждение, возможная опасность, внимание;
- зеленый – безопасность, разрешение, предписание;
- синий – указание, информация.

*Красный сигнальный цвет* применяют:

- а) в запрещающих знаках;
- б) для выполнения надписей и символов на знаках пожарной безопасности;
- в) для обозначения отключающихся устройств машин и механизмов, в том числе аварийных;
- г) для обозначения внутренних поверхностей открывающихся кожухов и корпусов, ограждающих движущиеся элементы машин и механизмов, и их крышек, рукояток кранов аварийного сброса давления, пожарной техники (огнетушителей, пожарного инвентаря);
- д) для окраски сигнальных ламп, указывающих нарушения условий безопасности;

е) для окантовки щитов белого цвета, к которым прикрепляют пожарный инструмент и огнетушители (ширина окантовки от 30 до 100 мм).

*Желтый сигнальный цвет* применяют:

- а) в предупреждающих знаках;
- б) для окраски ограждений опасных зон, мест складирования строительных конструкций и материалов, обозначения элементов строительных конструкций, представляющих опасность для работающих (низких балок, выступов и перепадов в плоскости пола, малозаметных ступеней, пандусов, краев люков и колодцев, сужение проездов);
- в) для обозначения кромок оградительных устройств, не полностью закрывающих опасные места оборудования (например, ограждение абразивных кругов, зубчатых колес, приводных ремней, цепей), перил эстакад растворных узлов, выносных приемных площадок;
- г) для обозначения элементов строительных машин и механизмов, обойм грузовых крюков, захватов и площадок грузопассажирских (грузовых подъемников, бамперов и боковых поверхностей погрузчиков, тележек, наружных боковых стенок ковшей экскаваторов);
- д) для окраски подвижных монтажных устройств или их элементов грузозахватных приспособлений, подвижных частей кантователей, траверс, подвижных частей монтажных вышек и лестниц;
- е) для окраски емкостей, содержащих вещества с опасными и вредными свойствами (краску наносят полосой шириной 50–150 мм в зависимости от размеров емкости).

Предупреждающую окраску объектов, указанных в пунктах б, г, д, следует выполнять в виде чередующихся наклонных под углом от 45° до 60° полос шириной 30–200 мм желтого и черного цветов при соотношении ширины полос 1:1.

*Зеленый сигнальный цвет* применяют в предписывающих знаках, для окраски устройств и средств обеспечения безопасности, аварийных и спасательных выходов, пунктов первой помощи, аптечек, а также сигнальных ламп, извещающих о нормальном режиме работы машин и механизмов.

*Синий сигнальный цвет* используют в указательных знаках и для обозначения элементов производственно-технической информации (например, въездов и выездов на строительной площадке, рабочих входов, мест стоянки автотранспорта, марок строительных конструкций в зоне складирования).

**Знак безопасности** – цветографическое изображение, имеющее определенную геометрическую форму с использованием сигнальных и контрастных цветов, графических символов и (или) поясняющих надписей, предназначенное для предупреждения людей о непосредственной или возможной опасности, предписания, разрешения или запрещения определенных действий, а также для информации о расположении объектов и средств, использование которых исключает или снижает воздействие опасных и (или) вредных факторов.

Выполнение требований охраны труда на промышленных предприятиях и общественных местах невозможно без размещения знаков безопасности и знаков пожарной безопасности, информационных плакатов, эвакуационных и предупреждающих знаков. Специальные знаки требуются на предприятиях, в зданиях социального обслуживания, образовательных учреждениях.

Знаки безопасности предназначены для привлечения внимания работающих к непосредственной опасности, предупреждения о возможной опасности, предписания и разрешения определенных действий с целью обеспечения безопасности, а также для необходимой информации.

Основная задача – привлечь внимание людей к опасной или потенциально опасной ситуации. В первую очередь это необходимо делать на производственных объектах и в общественных местах.

**Места расположения знаков безопасности:**

- на территории организации, в помещениях, зданиях и сооружениях, на строительных площадках;
- непосредственно на рабочих местах и участках производства работ и услуг;
- на оборудовании, машинах, механизмах, в салонах транспортных средств;
- на путях эвакуации, на входных (въездных) воротах и дверях помещений.

Знаки безопасности и знаки пожарной безопасности должны размещаться в поле зрения людей, они должны быть расположены таким образом, чтобы быть хорошо заметными, и, по возможности, при этом не отвлекать внимание и не создавать неудобств выполнению людьми своих профессиональных обязанностей.

Знаки безопасности, устанавливаемые у въезда (входа) на объект (участок), обозначают, что их действие распространяется на объект

(участок) в целом. При необходимости ограничить зону действия знака соответствующее указание следует приводить в поясняющей надписи, размещаемой под знаком.

Знаки безопасности разделены на четыре группы: предупреждающие, запрещающие, предписывающие и указательные (знаки пожарной безопасности и эвакуационные).

*Предупреждающие знаки* (приложение П-1) предназначены для предупреждения работающих о возможной опасности. Форма знака: равносторонний треугольник со скругленными углами желтого цвета, обращенный вершиной вверх, с каймой черного цвета шириной 0,05 стороны с символическим изображением черного цвета.

*Запрещающие знаки* (приложение П-2) предназначены для запрещения определенных действий. Форма знака: круг красного цвета с белым полем внутри, белой по контуру каймой и символическим изображением черного цвета на внутреннем белом поле, перечеркнутым наклонной полосой красного цвета (угол наклона 45°, слева сверху направо вниз). Ширина кольца красного цвета должна быть 0,09–0,10 внешнего диаметра, ширина наклонной красной полосы – 0,08 внешнего диаметра, ширина белой каймы по контуру знака – 0,02 внешнего диаметра.

Допускается применять запрещающие знаки с поясняющей надписью, выполненной шрифтом черного цвета. При этом наклонную красную полосу не наносят. На знаках пожарной безопасности поясняющие надписи необходимо выполнять красным цветом.

*Предписывающие знаки* (приложение П-3) предназначены для разрешения определенных действий работающих при выполнении конкретных требований безопасности труда (обязательное применение средств защиты работающих, принятие мер по обеспечению безопасности труда), требований пожарной безопасности и для указаний путей эвакуации.

Форма знака: квадрат зеленого цвета с белой каймой по контуру шириной 0,02 стороны квадрата и белым полем квадратной формы внутри его, сторона которого равна 0,7 стороны квадрата зеленого цвета. Внутри белого квадратного поля черным цветом должно быть нанесено символическое изображение или поясняющая надпись. На знаках пожарной безопасности поясняющие надписи необходимо выполнять красным цветом.

*Указательные знаки* (приложения П-4, П-5, П-6) предназначены для указания местонахождения различных объектов и устройств, пунктов медицинской помощи, питьевых пунктов, пожарных постов, пожарных кранов, гидрантов, огнетушителей, пунктов извещения о пожаре, складов, мастерских. Форма знака: синий прямоугольник, окантованный белой каймой по контуру, шириной 0,02 меньшей стороны прямоугольника с белым квадратом со стороны, равной 0,7 меньшей стороны прямоугольника. Внутри белого квадрата черным цветом должно быть нанесено символическое изображение или поясняющая надпись, за исключением символов и поясняющих надписей пожарной безопасности, которые необходимо выполнять красным цветом.

Для информирования работающего об опасности при работе машин и механизмов могут использоваться дополнительные цвета и знаки безопасности:

– чередующиеся черные и желтые полосы на корпусах движущихся машин и механизмов (или их частей), окраска внутренней и внешней поверхностей ограждений в сигнальный цвет, ограничивающие движения транспортные полосы на полу помещений и тротуарах.

Например, в ГОСТ 12.2.017–86 имеется требование об окрашивании (частично или полностью) поверхностей подвижных частей прессов, обращенных к защитным ограждениям в желтый сигнальный цвет;

– внутренние поверхности ограждений, закрывающих места расположения подвижных частей оборудования (ползуны, шестерни, муфты и т. п.) и требующие периодического доступа (при регулировке, наладке), должны быть окрашены в желтый сигнальный цвет по ГОСТ 12.4.026–2001.

– защитные ограждения должны иметь с наружной стороны предупреждающий знак опасности (равносторонний треугольник желтого цвета с вершиной сверху, с черным окаймлением и с черным восклицательным знаком посередине). Под знаком устанавливается табличка с поясняющей надписью «При включенной машине не открывать».

– на шкафах распределительных электроустройств любого оборудования должен быть предусмотрен знак, предупреждающий о наличии электрического напряжения;

– в линиях и агрегатах, на оборудовании с опасными движущимися частями, находящимися вне поля зрения оператора, в местах, где могут находиться люди, требуется устройство дополнительных органов или средств аварийной остановки и (или) торможения этих частей.

При оценке следует определить наличие указанных опасных зон на оборудовании, наличие соответствующих ограждающих и других устройств и средств, расположение устройств, ограничивающих или предотвращающих прикосновение человека к опасным органам. При наличии таких устройств и средств требование безопасности может считаться выполненным.

*Сигнальную разметку* выполняют на поверхности строительных конструкций, элементов зданий, сооружений, транспортных средств, оборудования, машин, механизмов, а также поверхности изделий и предметов, предназначенных для обеспечения безопасности, в том числе изделий с внешним или внутренним электрическим освещением от автономных или аварийных источников электроснабжения.

Сигнальная разметка с внешним или внутренним электрическим освещением для пожароопасных и взрывоопасных помещений должна быть выполнена в пожаробезопасном и взрывозащищенном исполнении соответственно, а для взрывопожароопасных помещений – во взрывозащищенном исполнении.

Сигнальную разметку выполняют с применением несветящихся, световозвращающих, фотолюминесцентных материалов или их комбинаций, чередующихся в виде полос красного и белого, желтого и черного, зеленого и белого сигнальных и контрастных цветов.

Красно-белую и желто-черную сигнальные разметки следует применять в целях обозначения:

– опасности столкновения с препятствиями, опасности поскользнуться и упасть;

– опасности оказаться в зоне возможного падения груза, предметов, обрушения конструкции, ее элементов;

– опасности оказаться в зоне химического, бактериологического, радиационного или иного загрязнения территории (участков);

– контрольно-пропускных пунктов опасных производств и других мест, вход на которые запрещен для посторонних лиц;

– мест ведения пожароопасных, аварийных, аварийно-спасательных, ремонтных, строительных и других специальных работ;

– строительных и архитектурных элементов (колонн, углов, выступов), узлов и элементов оборудования, машин, механизмов, арматуры, выступающих в рабочую зону или пространство, где могут находиться люди;

– узлов и элементов оборудования, машин и механизмов.

Зелено-белую сигнальную разметку следует применять для обозначения границ полосы безопасного движения и указания направления движения по пути эвакуации (например, направляющие линии в виде «елочки»).

Доля красного, желтого или зеленого сигнального цвета от общей площади полосы должна составлять не менее 50 %. Соотношение ширины полос красного и белого, желтого и черного, зеленого и белого цветов должно составлять от 1:1 до 1,5:1 соответственно.

Ширина полосы сигнального цвета  $s$  – 20–500 мм.

Поперечный размер сигнальной разметки  $f$  (ширина или диаметр) – не менее 20 мм.

Ширину полосы сигнального цвета  $s$  и поперечный размер сигнальной разметки  $f$  следует выбирать с учетом:

– вида и исполнения сигнальной разметки;

– размера объекта или места размещения;

– расстояния, с которого сигнальная разметка должна быть достаточно видима и опознана по своему смысловому значению.

Поясняющие надписи выполняют красным цветом на белом фоне (для красно-белых сигнальных разметок), черным цветом на желтом фоне (для желто-черных сигнальных разметок) или зеленым цветом на белом фоне (для зелено-белых сигнальных разметок).

### Контрольные вопросы и задания

1. Какие мероприятия являются первоочередными мерами в обеспечении безопасности работающих?

2. Использование каких средств управления работой машин и оборудования предусматривает автоматизация производственных процессов?

3. Чему способствует производственная сигнализация при выполнении технологических процессов на производстве?

4. Для чего предназначены устройства автоматического контроля и сигнализации при возникновении опасных производственных факторов и как они классифицируются?

5. Приведите классификацию средств сигнализации безопасности.

6. Какие требования предъявляются к устройствам автоматического контроля и сигнализации как средствам безопасности технических систем?

7. С какой целью устанавливаются устройства дистанционного управления и где они применяются в производственном оборудовании?

8. Перечислите основные требования к системам дистанционного управления.

9. Какую роль играет система цветов и знаков безопасности для выделения производственных объектов и опасных зон?

10. Что представляют собой знаки безопасности? Для чего они предназначены?

11. В каких местах располагаются знаки безопасности? Как распространяется их действие?

12. С какой целью устанавливаются предупреждающие знаки? Какова их форма?

13. Охарактеризуйте назначение запрещающих знаков и опишите их внешний вид.

14. Для чего предназначены предписывающие знаки? Какова их форма?

15. Перечислите указательные знаки, укажите их предназначение, опишите их внешний вид.

16. Как и в каком цвете выполняется сигнальная разметка?

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Система стандартов безопасности труда. Процессы производственные. Общие требования безопасности : ГОСТ 12.3.002–75. – Введ. 01.07.76. – М. : Государственный комитет по стандартам, 1976. – 12 с.

2. Система стандартов безопасности труда. Оборудование производственное. Общие требования безопасности к рабочим местам : ГОСТ 12.2.061–81. – Введ. 01.07.82. – М. : Государственный комитет по стандартам, 1981. – 4 с.

3. Система стандартов безопасности труда. Оборудование производственное. Общие требования безопасности : ГОСТ 12.2.003–91. – Введ. 01.01.92. – М. : Государственный комитет по стандартам, 1991. – 20 с.

4. Система стандартов безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация : ГОСТ 12.0.003–74. – Введ. 01.01.76. – М. : Государственный комитет по стандартам, 1976. – 5 с.

5. Система стандартов безопасности труда. Средства коллективной защиты работающих от воздействия механических факторов. Классификация : ГОСТ 12.4.125–83. – Введ. 01.01.84. – М. : Государственный комитет по стандартам, 1984. – 2 с.

6. Система стандартов безопасности труда. Станки металлообрабатывающие. Общие требования безопасности : ГОСТ 12.2.009–99. – Введ. 01.01.2001. – Минск : Государственный комитет по стандартам, 2000. – 32 с.

7. Система стандартов безопасности труда. Оборудование производственное. Ограждения защитные : ГОСТ 12.2.062–81. – Введ. 01.07.82. – Минск : Государственный комитет по стандартам, 2009. – 7 с.

8. Система стандартов безопасности труда. Цвета сигнальные и знаки безопасности : ГОСТ 12.4.026–76. – Введ. 01.01.78. – М. : Государственный комитет по стандартам, 1976. – 38 с.

9. Цвета сигнальные. Знаки пожарной безопасности. Общие технические требования. Методы испытаний : СТБ 1392–2003. – Введ. 01.11.2003. – Минск : Государственный комитет по стандартам, 2003. – 37 с.

10. Постановление министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь «Об утверждении Правил устройства и безопасной

эксплуатации сосудов, работающих под давлением» от 27 декабря 2005 г. № 256 (Национальный реестр правовых актов Республики Беларусь, 2005 г., № 61, 8/9924).

11. Постановление Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь «Об утверждении Правил устройства и безопасной эксплуатации паровых котлов с давлением пара не более 0,07 МПа (0,7 бар) и водогрейных котлов с температурой нагрева воды не выше 115 °С» от 25 января 2007 г. № 5 (Национальный реестр правовых актов Республики Беларусь, 2007 г., № 81, 8/15905).

12. Постановление Министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь «Об утверждении перечня “Виды работ с вредными и (или) опасными условиями”» – от 29 марта 2006 г. № 38 (Национальный реестр правовых актов Республики Беларусь, 2006 г., № 75, 8/14377).

13. Анурьев, В. И. Справочник конструктора-машиностроителя : в 3 т. – 9-е изд. перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 2006. – 874 с.

14. Безопасность жизнедеятельности : учебник для вузов / С. В. Белов, А. В. Ильницкая, А. Ф. Козьяков и др. ; под ред. С. В. Белова. – М. : Высшая школа, 2007. – 616 с.

15. Безопасность жизнедеятельности : учебное пособие для студентов вузов / под ред. д. т. н., проф. А. И. Сидорова. – М. : Кнорус, 2007. – 496 с.

16. Безопасность производственных процессов : справочник / под общ. ред. С. В. Белова. – М. : Машиностроение, 1985. – 448 с.

17. Белов, С. В. Защита человека от опасностей в техносфере / С. В. Белов // Безопасность жизнедеятельности. – 2003. – № 5. – С. 34–41.

18. Гарбар, В. А. Травматизм на машинно-тракторных агрегатах и меры по его предупреждению / В. А. Гарбар. – Минск : Ураджай, 1994. – 104 с.

19. Кузнецов, И. Н. Охрана труда : учебное пособие / И. Н. Кузнецов. – Минск : 2010. – 264 с.

20. Курдюмов, А. С. Проектирование и расчет средств обеспечения безопасности / А. С. Курдюмов, Б. И. Зотов. – М. : Колос, 2005. – 215 с.

21. Макаров, Г. В. Охрана труда в химической промышленности / Г. В. Макаров и [др.]. – М. : изд-во «Химия», 1997. – 598 с.

22. Средства защиты в машиностроении. Расчет и проектирование : справочник / С. В. Белов, А. Ф. Козьяков, О. Ф. Партолин и др. ; под ред. С. В. Белова. – М. : Машиностроение, 1989. – 368 с.

Знаки предупреждающие

ПРИЛОЖЕНИЯ

 <p>Пожароопасно. Легковоспла- меняющиеся вещества</p>	 <p>Взрывоопасно</p>	 <p>Опасно. Ядовитые вещества</p>	 <p>Опасно. Едкие и коррозионные вещества</p>
 <p>Опасно. Радиоактивные вещества или ионизирующее излучение</p>	 <p>Опасно. Возможно падение груза</p>	 <p>Внимание. Автопогрузчик</p>	 <p>Опасность поражения электрическим током</p>
 <p>Опасно. Лазерное излучение</p>	 <p>Пожароопасно. Окислитель</p>	 <p>Осторожно. Малозаметное препятствие</p>	 <p>Внимание. Опасность (прочие опасности)</p>
 <p>Осторожно. Биологическая опасность (Инфекционные вещества)</p>	 <p>Осторожно. Холод</p>	 <p>Внимание. Электромагнитное поле</p>	 <p>Газовый баллон</p>

			
Осторожно. Аккумуляторные батареи	Осторожно. Возможность падения с высоты	Внимание. Опасность зажима	Осторожно. Возможно опрокидывание
			
Осторожно. Горячая поверхность	Осторожно. Режущие валы	Осторожно. Возможно затягивание между вращающимися элементами	Осторожно. Сужение проезда (прохода)
			
Внимание. Автоматическое включение (запуск) оборудования	Берегись автомобиля!	Осторожно. Скользко	Берегись поезда!
			
Осторожно. Падающие предметы			

Знаки запрещающие

			
Запрещается курить	Запрещается пользоваться открытым огнем и курить	Проход запрещен	Запрещается тушить водой
			
Запрещается использовать в качестве питьевой воды	Доступ посторонним запрещен	Запрещается движение средств напольного транспорта	Запрещается прикасаться. Опасно
			
Запрещается прикасаться. Корпус под напряжением	Не включать!	Запрещается загромождать проходы и (или) складировать	Запрещается включать машину (устройство)
			
Запрещение (прочие опасности или опасные действия)	Запрещается одновременная работа на нескольких ярусах	Запрещается пользоваться электро- нагревательными приборами	Запрещается пользоваться лифтом для подъема (спуска) людей

 Поясняющ. надпись			
<b>Примеры поясняющих надписей</b>			
 Опасная зона	 Не подходи	 Не открывай	 Не загромождай проход

**Знаки предписывающие**

 Работать в защитных очках	 Работать в защитной каске (шлеме)	 Работать в защитных наушниках	 Работать в средствах индивидуальной защиты органов дыхания
 Работать в защитной обуви	 Работать в защитных перчатках	 Работать в защитной одежде	 Работать в защитном щитке
 Работать в предо- хранительном (страховочном) поясе	 Проход здесь	 Переходить по надземному переходу	 Отключить штепсельную вилку
 Отключить перед работой	 Курить здесь	 Подавать сигнал перед пуском механизма	

Приложение П-4

Указательные знаки

 Пункт (место) приема пищи	 Питьевая вода	 Место курения	 Разрешается пользоваться электронагревательными приборами
 Служебный проход	 Аптечка первой медицинской помощи	 Средство эвакуации пораженных	 Медицинский кабинет
 Телефон связи со скорой медицинской помощью	 Аптечка первой помощи	 Место для мусора	

Приложение П-5

Знаки пожарной безопасности

 Пожарный кран	 Пожарная лестница	 Огнетушитель	 Телефон для использования при пожаре (в т. ч. телефон прямой связи с пожарной охраной)
 Место размещения нескольких средств противопожарной защиты	 Пожарный водосточник	 Пожарный гидрант	 Кнопка включения установок (систем) пожарной автоматики
 Звуковой оповещатель пожарной тревоги			

Эвакуационные знаки

			
Выход здесь (левосторонний)	Выход здесь правосторонний	Направляющая стрелка	Направляющая стрелка
			
Направление к эвакуационному выходу направо	Направление к эвакуационному выходу налево	Направление к эвакуационному выходу направо вверх	Направление к эвакуационному выходу налево вверх
			
Направление к эвакуационному выходу направо вниз	Направление к эвакуационному выходу налево вниз	Указатель двери эвакуационного выхода (право- сторонний)	Указатель двери эвакуационного выхода (лево- сторонний)
			
Направление к эвакуационному выходу прямо	Направление к эвакуационному выходу прямо	Направление к эвакуационному выходу по лестнице вниз	Направление к эвакуационному выходу по лестнице вниз
			
Направление к эвакуационному выходу по лестнице вверх	Направление к эвакуационному выходу по лестнице вверх	Для доступа вскрыть здесь	Открывать движением от себя

			
Открывать движением на себя	Для открывания сдвинуть	Пункт (место) сбора	Указатель выхода
			
Указатель запасного выхода			

## ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>Введение</b> .....	3
<b>1. Основные положения безопасности технических систем</b> .....	5
1.1. Общие понятия о технических системах .....	5
1.2. Опасные и вредные производственные факторы при эксплуатации технических систем .....	8
1.3. Основные принципы безопасности технических систем .....	14
<i>Контрольные вопросы и задания</i> .....	18
<b>2. Опасности механического травмирования исредства защиты     работающих от воздействий механических факторов</b> .....	19
2.1. Источники механического травмирования и их воздействиена человека .....	19
2.2. Опасные зоны механических источников травмирования ....	27
2.3. Безопасные условия труда при работе машин и оборудования .....	31
2.4. Опасные зоны и травмирующие факторы при работе машинно-тракторных агрегатов .....	36
2.5. Определение безопасных расстояний для опасных зон машинно-тракторных агрегатов .....	41
2.6. Защитные устройства от механического травмирования и их классификация .....	45
<i>Контрольные вопросы и задания</i> .....	49
<b>3. Оградительные защитные устройства</b> .....	51
3.1. Общие положения и классификация оградительных устройств .....	51
3.2. Виды оградительных защитных устройств и приспособлений .....	55
3.3. Выбор материалов и расчет оградительных устройств .....	63
3.4. Оценка выполнения требований безопасности к оградительным устройствам .....	69
<i>Контрольные вопросы и задания</i> .....	73

<b>4. Ограждения и защитные устройства     металлообрабатывающих станков</b> .....	75
4.1. Классификация и конструктивные особенности металлообрабатывающих станков .....	75
4.2. Технические меры защиты при работе на металлообрабатывающих станках .....	79
4.3. Расчет элементов ограждений защитных устройств .....	93
4.4. Общие требования безопасности к защитным устройствам .....	96
<i>Контрольные вопросы и задания</i> .....	100
<b>5. Блокировочные защитные устройства</b> .....	102
5.1. Общие положения и классификация блокировочных устройств .....	102
5.2. Основные конструктивные решения блокировочных устройств по принципу их действия .....	104
5.3. Блокировочные устройства грузоподъемного оборудования .....	116
5.4. Требования к конструкциям блокировочных устройств ....	122
<i>Контрольные вопросы и задания</i> .....	124
<b>6. Ограничительные устройства</b> .....	126
6.1. Определение и классификация ограничительных устройств .....	126
6.2. Ограничительные устройства от механических перегрузок ....	128
6.3. Предохранительные клапаны и их расчет .....	138
6.4. Выбор конструкции и материала предохранительных мембран и их расчет на заданное давление .....	147
<i>Контрольные вопросы и задания</i> .....	160
<b>7. Тормозные устройства</b> .....	162
7.1. Классификация тормозов и основные требования к тормозным устройствам .....	162
7.2. Общее уравнение движения при торможении .....	165
7.3. Конструктивное исполнение колодочных тормозов .....	169
7.4. Принципы действия ленточных тормозов и тормозов с осевым нажатием .....	178
7.5. Параметры торможения грузоподъемных машин .....	186
<i>Контрольные вопросы и задания</i> .....	195
<b>8. Остановы и противоугонные устройства</b> .....	197
8.1. Храповые остановки .....	197
8.2. Фрикционные и эксцентриквые остановки .....	205

8.3. Противоугонные устройства .....	212
<i>Контрольные вопросы и задания</i> .....	222
<b>9. Устройства автоматического контроля и дистанционного управления как средства повышения безопасности технических систем</b> .....	223
9.1. Общие положения .....	223
9.2. Устройства автоматического контроля и сигнализации, основные виды и требования к ним .....	226
9.3. Устройства дистанционного управления технологическими процессами .....	229
9.4. Цвета сигнальные, знаки безопасности и сигнальная разметка .....	233
<i>Контрольные вопросы и задания</i> .....	239
<b>Список литературы</b> .....	241
<b>Приложения</b> .....	243

Учебное издание

**Основин** Виктор Николаевич,  
**Основина** Лариса Григорьевна,  
**Сокол** Ольга Васильевна

## **БЕЗОПАСНОСТЬ РАБОТЫ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

*Учебное пособие*

Ответственный за выпуск *В. Н. Основин*  
Редактор *Д. О. Бабакова*  
Корректор *В. А. Гошко*  
Компьютерная верстка *В. А. Гошко*

Подписано в печать 03.05.2016. Формат 60×84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>.  
Бумага офсетная. Ризография.  
Усл. печ. л. 14,88. Уч.-изд. л. 11,64. Тираж 50 экз. Заказ 8.

Издатель и полиграфическое исполнение:  
Учреждение образования  
«Белорусский государственный аграрный технический университет».  
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,  
распространителя печатных изданий  
№ 1/359 от 09.06.2014.  
№ 2/151 от 11.06.2014.  
Пр-т Независимости, 99–2, 220023, Минск.