

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТЕХНОЛОГИЙ  
И УПРАВЛЕНИЯ  
(образован в 1953 году)**

---

**Кафедра охраны труда и промышленной экологии**

*Дистанционное  
обучение*

**В.М. Калинина**

## **БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ**

### **Раздел 2. Техника безопасности. Безопасность труда**

*Учебно-практическое пособие  
для студентов всех специальностей  
и форм обучения*



[www.msta.ru](http://www.msta.ru)

**Москва – 2004**

© Калинина В.М. Безопасность жизнедеятельности. Раздел 2. Техника безопасности. Учебно-практическое пособие – М., МГУТУ, 2004

Рекомендовано Институтом информатизации образования РАО

В учебно-практическом пособии представлены основные аспекты, характеризующие безопасную эксплуатацию производственного оборудования; судов, аппаратов и холодильных установок, работающих под давлением; а также электроустановок напряжением до 1000В.

После каждой темы даны вопросы и тесты, позволяющие контролировать степень усвоения студентами учебного материала. Изложены методики инженерных расчетов и сформулированы условия по решению практических задач в области техники безопасности.

Пособие предназначено для студентов всех специальностей, изучающих раздел «Техника безопасности» по дисциплине «Безопасность жизнедеятельности»

Охр. тр. – 1.22.0608 зчн.плн.	Охр. тр. – 1.22. 2701 зчн.плн.	Охр. тр. – 1.22. 2710 зчн.плн.
Охр. тр. – 1.22. 0608 зчн.скр.	Охр. тр. – 1.22. 2701 зчн.скр.	Охр. тр. – 1.22. 2710 зчн.скр.
Охр. тр. – 1.22. 2102 зчн.плн.	Охр. тр. – 1.22. 2703 зчн.плн.	Охр. тр. – 1.22. 2712 зчн.плн.
Охр. тр. – 1.22. 2102 зчн.скр.	Охр. тр. – 1.22. 2703 зчн.скр.	Охр. тр. – 1.22. 2712 зчн.скр.
Охр. тр. – 1.22. 1706 зчн.плн.	Охр. тр. – 1.22. 2704 зчн.плн.	Охр. тр. – 1.22. 2713 зчн.скр.
Охр. тр. – 1.22. 1706 зчн.скр.	Охр. тр. – 1.22. 2704 зчн.скр.	Охр. тр. – 1.22. 2713 зчн.плн.
Охр. тр. – 1.22. 0702 зчн.плн.	Охр. тр. – 1.22. 2705 зчн.плн.	Охр. тр. – 1.22. 0611 зчн.плн.
Охр. тр. – 1.22. 0702 зчн.скр.	Охр. тр. – 1.22. 2705 зчн.скр.	Охр. тр. – 1.22. 0611 зчн.скр.
Охр. тр. – 1.22. 2202 зчн.плн.	Охр. тр. – 1.22. 2707 зчн.плн.	Охр. тр. – 1.22. 0211 зчн.плн.
Охр. тр. – 1.22. 2202 зчн.скр.	Охр. тр. – 1.22. 2707 зчн.скр.	Охр. тр. – 1.22. 0211 зчн.скр.
Охр. тр. – 1.22. 3117 зчн.плн.	Охр. тр. – 1.22. 2708 зчн.плн.	Охр. тр. – 1.22. 0606 зчн.плн.
Охр. тр. – 1.22. 3117 зчн.скр.	Охр. тр. – 1.22. 2708 зчн.скр.	Охр. тр. – 1.22. 0606 зчн.скр.
Охр. тр. – 1.22. 3511 зчн.плн.	Охр. тр. – 1.22. 0204 зчн.плн.	Охр. тр. – 1.22. 0604 зчн.плн.
Охр. тр. – 1.22. 3511 зчн.скр.	Охр. тр. – 1.22. 0204 зчн.скр.	Охр. тр. – 1.22. 0604 зчн.скр.
Охр. тр. – 1.22. 3510 зчн.плн.	Охр. тр. – 1.22. 3513 зчн.плн.	Охр. тр. – 1.22. 0605 зчн.плн.
Охр. тр. – 1.22. 3510 зчн.скр.	Охр. тр. – 1.22. 3513 зчн.скр.	Охр. тр. – 1.22. 0605 зчн.скр.
Охр. тр. – 2.22. 2710 зчн.плн.	Охр. тр. – 2.22. 2710 зчн.скр.	

Автор Калинина Валентина Михайловна

Рецензенты: к.ф.м.н. Титов В.А. МНИИ «Интеграл»  
к.т.н. Кабыш А.И. МНИИ «Интеграл»

Редактор Свешникова Н. И.

© Московский государственный университет технологий и управления, 2004  
109004, Москва, Земляной вал, 73

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	стр.4
1. Основы безопасной эксплуатации производственного оборудования.....	4
1.1. Общие требования безопасности к конструкции производственного оборудования.....	4
1.2. Эргономические требования к конструктивным элементам технологического оборудования.....	7
1.3. Размещение оборудования и оградительные средства защиты.....	9
1.4. Предохранительные средства защиты и их расчет.....	11
1.5. Сигнализирующие устройства.....	14
Вопросы для самоконтроля .....	15
Тест по теме.....	16
2. Безопасность эксплуатации сосудов, аппаратов и установок, работающих под давлением.....	18
2.1. Контрольно-измерительные приборы, арматура, предохранительные устройства и их расчет.....	18
2.2. Регистрация и техническое освидетельствование оборудования, работающего под давлением.....	22
2.3. Безопасность эксплуатации холодильных установок.....	23
Вопросы для самоконтроля.....	24
Тест по теме .....	24
3. Электробезопасность.....	26
3.1. Действие электрического тока на организм человека.....	26
3.2. Анализ опасности поражения током в зависимости от режима работы электроустановки.....	29
3.3. Напряжение прикосновения.....	32
3.4. Напряжение шага.....	34
3.5. Защитные меры в нормальном режиме работы электроустановки.....	35
3.6. Защитные меры в аварийном состоянии электроустановки и их расчет.....	40
3.7. Классификация производственных помещений в соответствии с требованиями Правил устройства электроустановок.....	52
3.8. Защита от статического электричества.....	53
3.9. Пожарная безопасность в электроустановках и противопожарная защита.....	55
Вопросы для самоконтроля.....	61
Тест по теме.....	62
Решение тренировочных заданий.....	62
Тест по дисциплине .....	66
Вопросы к экзамену.....	69
Список рекомендуемой литературы.....	71
Словарь основных понятий.....	72

## ВВЕДЕНИЕ

Учебное пособие по своей структуре и последовательности изложения материала предназначено для получения необходимых знаний студентами безопасности технологического и вспомогательного оборудования при конструировании, монтаже и эксплуатации. Особое внимание уделено вопросам безопасной эксплуатации сосудов, аппаратов и холодильно-компрессорных установок, работающих под давлением, которые представляют собой потенциальную опасность взрыва и пожара на предприятии и могут создать аварийную ситуацию для населения.

Большое значение для безопасного использования электроэнергии в производстве имеет глубокое знание законов физики и электротехники, на которых базируются инженерно-технические мероприятия по обеспечению электробезопасности на предприятиях. Изложение учебного материала осуществлено на основе этих законов.

В данной работе описан механизм действия электрического тока на организм человека, приведен анализ опасности поражения током в зависимости от режима работы электрических сетей, представлена физическая сущность напряжения прикосновения и напряжения шага. В соответствии с Международным стандартом дано описание защитных мер, используемых при нормальном и аварийном режимах работы электроустановок.

Изложены методики инженерных расчетов коллективных средств по ликвидации и предупреждению чрезвычайных ситуаций на предприятиях при нарушении техники безопасности.

После каждой темы сформулированы вопросы для самоконтроля, а также тесты по программированному закреплению и контролю знаний раздела «Техника безопасности», который является модульной составляющей дисциплины «Безопасность жизнедеятельности».

Учебное пособие может быть использовано для дистанционного обучения студентов на основе электронной техники.

### **1. Основы безопасной эксплуатации производственного оборудования**

Разработку мер безопасности производственного оборудования осуществляют на стадии проектирования основных элементов и органов его управления.

Конструктивные разработки включают в себя общие требования безопасности и конкретные инженерно-технические решения по предупреждению травматизма работающих, аварий и аварийных ситуаций на предприятиях, а также соответствующего эргономического и эстетического выполнения.

#### ***1.1. Общие требования безопасности к конструкции производственного оборудования***

Технологическое оборудование, предназначенное для работы в комплексе с аспирационными установками, снабжают устройством для герметического присоединения его к воздуховодам и вентиляторам.

Аспирационные установки, входящие в комплект оборудования, должны обеспечивать отвод пыли с производительностью, исключающей образование взрывоопасной концентрации ее в корпусах оборудования и воздушотоках.

В электрической схеме оборудования, имеющего автономную систему вытяжной вентиляции (аспирацию), проектируют автоматическое опережение пуска этой системы на 2...5с относительно пуска рабочих органов оборудования и автоматическое отключение ее после остановки рабочих органов через 25...30с.

Все тепловыделяющие поверхности оборудования и ограждений теплоизолируют так, чтобы температура наружной поверхности изоляции не превышала +45<sup>0</sup>С, а во взрывоопасных помещениях +35<sup>0</sup>С. Материал изоляции должен быть гладким, прочным, устойчивым к воздействию влаги и огнестойким. В табл. 1.1. представлены технические характеристики наиболее огнестойких теплоизоляционных материалов.

Таблица 1.1.

Материал изоляционного слоя	Максимальная температура плавления, <sup>0</sup> С	Коэффициент теплопроводности $\lambda_{ш}$ , Вт/(м · <sup>0</sup> С)
Асбозурит мастичный М600	900	0,160
Маты минеральные	600	0,045
Пеношамотные изделия	1350	0,280
Совелит мастичный	500	0,099
Ньювель мастичная	350	0,077

В труднодоступных местах машины предусматривают централизованную смазку или пары трения, работающие без смазки либо требующие одноразовой заправки смазочным материалом во время профилактического ремонта. Резервуары гидравлических и смазочных систем должны иметь высоту дна от уровня пола не менее 100мм для удобства спуска масла в подставные емкости. В основаниях станин, используемых в качестве резервуаров для масла, предусматривают отверстия для откачивания масла.

Конструкция технологического и вспомогательного оборудования должна обеспечивать исключение или снижение до нормированных значений уровней шума, ультразвука, вибрации, а также вредных излучений.

Надежность работы оборудования во многом обеспечивается наличием контрольно-измерительных приборов, устройств автоматического управления и регулирования, а также звуковой и световой сигнализации.

При дистанционном управлении производством приборы и средства сигнализации выносят на пульт управления. При наличии нескольких пультов управления в линиях они оснащаются блокировками, исключающими одновременное включение или выключение оборудования с различных пультов.

При любом способе управления на каждом рабочем месте у машин, линий и комплектов предусматривают кнопку «Стоп» с выпуклой поверхностью для немедленной остановки всех движущихся частей оборудования. При автоматическом управлении для аварийного отключения должно быть предусмотрено

устройство, предотвращающее повторное включение приводов при отпускании кнопки.

В каждой отдельной машине или линии устанавливают вводный выключатель ручного действия на панели управления или на лицевой стенке шкафа на высоте не менее 0,6 м и не более 1,7 м от уровня пола или рабочей площадки. Вводный выключатель предназначен для подключения электрооборудования к питающей сети и имеет два фиксированных положения: «Включено» и «выключено».

Системы ручного и автоматического аварийного отключения не должны отключать устройства, перерыв действия которых может привести к травматизму (стопорные и зажимные устройства, тормоза, электромагниты и т.п.).

Для предупреждения аварий или поломок вследствие перегрузок, оборудование обеспечивают автоматически действующими средствами защиты – ограничителями хода, фрикционными муфтами, срезающимися шпонками и др.

Конструкция приемных устройств, расположенных над внутренними рабочими органами машин (воронки, бункеры и др.), должна предусматривать высоту бортов, исключающую доступ рук в опасную зону, либо решетку, заблокированную с пусковым устройством (электродвигателем).

Степень защиты электроаппаратуры выбирают в зависимости от класса взрывоопасности помещений и условий окружающей среды.

Напряжение в цепях управления оборудованием, устанавливаемым в помещениях особо опасных или с повышенной опасностью, принимают не более 42 В. Электрооборудование оснащают токовой защитой, исключающей самопроизвольное включение привода при восстановлении внезапно исчезнувшего напряжения.

Все металлические нетоковедущие части оборудования, которые могут оказаться под напряжением в случае пробоя на них тока, соединяют с системой защитного заземления или зануления.

Если конструкция оборудования или его расположение не позволяют обеспечить необходимую освещенность естественным и общим искусственным светом, предусматривают в оборудовании местные светильники с индивидуальным выключателем.

В машинах, в которых возможно накопление зарядов статического электричества, предусматривают меры по предупреждению их образования, отвода или нейтрализации.

Органы управления производственным оборудованием независимо от его мощности, габаритных размеров и назначения должны обеспечивать надежность пуска, быстроту остановки, легкость и удобство пользования; исключать возможность ошибочного или случайного включения как оборудования в целом, так и отдельных рабочих органов его, а также одновременного включения нескольких механизмов, что может привести к их поломке.

Все машины, подверженные во время работы сотрясениям и вибрациям, устанавливают на фундаменты. Фундамент, жестко связанный с машиной, придает ей дополнительные жесткость и устойчивость.

Конструктивно оборудование должно быть пожаро- и взрывобезопасным.

Травмоопасность технологического оборудования оценивают по показателю технической безопасности ( $K_{m. \delta}$ ), который определяют по формуле:

$$K_{m. \delta} = \frac{100 (n_{m. \text{ц.}} - n_{on})}{n_{m. \text{ц.}}}, \%$$

где  $n_{m. \text{ц.}}$  – число операций технологического цикла;

$n_{on}$  – число потенциально опасных операций.

Чем меньше опасных операций в технологическом цикле, тем больше показатель  $K_{m. \delta}$ . Если все операции безопасны, то показатель технической безопасности составит 100%.

## ***1.2. Эргономические требования к конструктивным элементам технологического оборудования***

Эргономика как научное направление в области охраны труда возникло на стыке технических и медико-биологических наук. Целью ее разработок является создание рекомендаций для проектирования машин, органов управления, пультов и рабочих мест с учетом гигиенических, антропометрических, психофизиологических и психологических показателей человека, способствующих оптимизации его взаимодействия с машиной и производственной средой в трудовом процессе.

**Гигиенические показатели** устанавливают требования, исключающие при эксплуатации оборудования возможность возникновения неблагоприятных условий труда. К ним относят: недостаточную освещенность, сверхнормативные показатели микроклимата и чистоты воздуха рабочей зоны; наличие магнитного и электрического полей, их напряженность; значительный уровень звукового давления и вибрации.

**Антропометрические показатели** определяют требования к машинам и элементам их конструкций, обеспечивающие рациональную рабочую позу и правильную осанку человеческого тела. Если размещение органов управления не соответствует физическим возможностям оператора, то выполняемая работа становится тяжелой и утомительной.

**Психофизиологические показатели** содержат требования к производственным процессам, включающие силовые. Скоростные, энергетические, зрительные, слуховые и осязательные возможности человека.

**Психологические показатели** устанавливают требования к машинам и элементам, которые влияют на легкость и быстроту навыков человека, объем и скорость восприятия и переработки информации. Например, перемещения органов управления должны быть логичными и простыми, с достаточным сопротивлением. Командам «Пуск», «Включить», «Увеличить» соответствует перемещение рычага «от себя» или вращение маховика по часовой стрелке; при командах «Выключить», «Остановить», «Уменьшить» рычаг перемещают «на себя», маховик вращают против часовой стрелки.

Соблюдение требований инженерной психологии при размещении приборов и органов управления оборудования снижает утомляемость оператора, повышает скорость и точность его работы.

Основные принципы размещения информационных устройств и органов управления на рабочем месте можно сгруппировать по четырем позициям.

1. **Очередность использования:** приборы и органы управления следует располагать в той последовательности, в которой они обычно используются.
2. **Частота использования:** приборы и органы управления должны быть расположены с учетом частоты пользования ими.
3. **Функциональность:** приборы и органы управления, выполняющие одинаковые функции, следует располагать близко друг к другу (например, амперметры, вольтметры, манометры и др.)
4. **Значимость:** наиболее важные приборы и органы управления должны быть расположены в местах, удобных для наблюдения и обслуживания.

Применение этих принципов требует индивидуального решения в каждом случае, однако в первую очередь должны быть соблюдены принципы 1 и 2. Кроме того, при группировке приборов следует учитывать, что в одной группе не рекомендуется иметь более 5...6 горизонтальных и 5...6 вертикальных рядов. При числе приборов на панели более 20 их следует разбивать на несколько визуально различимых групп. При определении размеров приборной панели пульта и размещении на ней органов управления следует учитывать также параметры рабочих зон.

Органы, которыми можно управлять вручную, используют в том случае, если требуются высокая точность и скорость управления. Органы, управляемые с помощью ног, применяют для быстрого маневрирования при больших усилиях, а также, если руки при этом заняты выполнением другой работы. Для воздействия на органы управления с большими усилиями используют рычаги и поворотные рукоятки, при небольших усилиях – кнопки, клавиши, тумблеры.

Органы управления должны быть выполнены или заблокированы так, чтобы исключалась неправильная последовательность операций.

Типы органов управления и их характеристики даны в табл. 1.2.

Таблица 1.2.

Органы управления	Характеристики органов управления
Кнопки пуска и останова	Диаметр или ширина кнопок 12,5...18мм, расстояние между соседними кнопками не менее 5мм, между группами кнопок 20см. Глубина утопления кнопок: 3...5мм для часто используемых.
Рукоятки и ручки вращения	Величина рукояток зависит от прилагаемого усилия. Рекомендуется диаметр рукоятки 12...140мм, а захватываемых тремя пальцами – 10...16мм. Угол поворота за один захват составляет 100...120°
Маховики	Диаметр маховика, вращаемого одной рукой, не должен превышать 190мм. При вращении маховиков с помощью ручек диаметр последних должен быть 20...40мм.
Педали	Размеры педали должны быть не менее 80×120мм. Педаль должна быть ровной и рифленой. Ход педали необходимо ограничивать в пределах 30...60мм. У педали должно быть ограждение от случайного нажатия.

### *1.3. Размещение оборудования и оградительные средства защиты*

Расположение и расстановку оборудования в производственных помещениях осуществляют в соответствии с отраслевыми нормами технологического проектирования. При этом предусматривают соблюдение следующих условий: последовательность расстановки оборудования по технологической схеме; обеспечение удобства обслуживания и ремонта, естественного максимального освещения и поступления свежего воздуха; безопасность обслуживающего персонала.

При компоновке технологического и вспомогательного оборудования предусматривают рабочие и магистральные проходы шириной не менее 1,0м; а рабочую зону по фронту обслуживания оборудования - шириной не менее 2,0м, проходы между оборудованием - не менее 1,0м.

Минимальную высоту основных проходов от пола до низа выступающих конструкций оборудования принимают не менее 2,2м, а остальных проходов – не менее 2,0м.

Для уменьшения уровня производственного шума, непосредственно издаваемого оборудованием и отраженного, расстояние от стен и опорных колонн должно быть не менее 1,2м. Кроме того, оборудование, создающее шум и вибрацию, следует устанавливать на плиты массой в 1,5...2,0 раза больше массы оборудования, изолированно от строительных конструкций.

При эксплуатации конвейеров предусматривают мостики для перехода людей, расстояние между соседними мостиками должно быть 30...50м.

При использовании в производственных помещениях грузовых тележек ширина прохода между оборудованием предусматривается больше тележки на 1,0м.

При укладке на складе мешков с мукой рядами высота штабеля не должна превышать 2,0м, а расстояние штабеля от стены должно быть не менее 0,5м.

Ширина проходов между штабелями должна соответствовать размеру не менее 1,2м, ширина проездов при перевозке мешков с мукой на тележке вручную – 2,5м.

Опасные зоны возникают в области действия рабочих органов технологического оборудования, у ременных, зубчатых и цепных передач, при эксплуатации подъемно-транспортных машин. Особая опасность создается в случаях, когда возможен захват одежды или волос работающих движущимися частями оборудования.

Наличие опасной зоны может быть обусловлено опасностью поражения электрическим током, воздействием тепловых, электромагнитных излучений, шума, вибрации, ультразвука, вредных паров, газов и пыли.

При проектировании и эксплуатации технологического оборудования предусматривают применение устройств, либо исключающих возможность контакта с опасной зоной, либо снижающих опасность травматизма.

Для защиты от действия опасных факторов применяют коллективные и индивидуальные средства защиты.

Средства коллективной защиты в зависимости от назначения подразделяют на следующие классы:

- нормализация воздушной среды производственных помещений и рабочих мест;
- нормализация освещения производственных помещений и рабочих мест;
- средства защиты от ионизирующих, инфракрасных, ультрафиолетовых, электромагнитных излучений;
- средства защиты от шума, вибрации, ультразвука, поражения электрическим током, электростатических зарядов, повышенных и пониженных температур поверхностей оборудования, материалов, готовой продукции, повышенных и пониженных температур воздуха рабочей зоны, воздействия механических, химических и биологических факторов.

Все применяющиеся на предприятиях средства коллективной защиты по принципу действия можно разделить на:

- оградительные;
- предохранительные;
- блокирующие;
- сигнализирующие;
- системы дистанционного управления машинами;
- специальные.

Оградительные средства защиты применяют для изоляции систем привода и опасных рабочих зон машины.

Съемные ограждения блокируют с рабочими органами механизма или машины, обеспечивая невозможность эксплуатации оборудования при открытых ограждениях, тем самым предотвращая несчастные случаи, если оператор попытается снять ограждение, не остановив предварительно работу оборудования.

Блокировки, устанавливаемые на технологическом оборудовании, могут быть механические, электромеханические и фотоэлектрические.

Механическая блокировка предусматривает собой систему, обеспечивающую связь между ограждением и тормозным (пусковым) устройством.

На рис. 1.1. показана схема электромеханической блокировки съемного ограждения, применяемой для предотвращения пуска механизма привода машины при снятом ограждении.

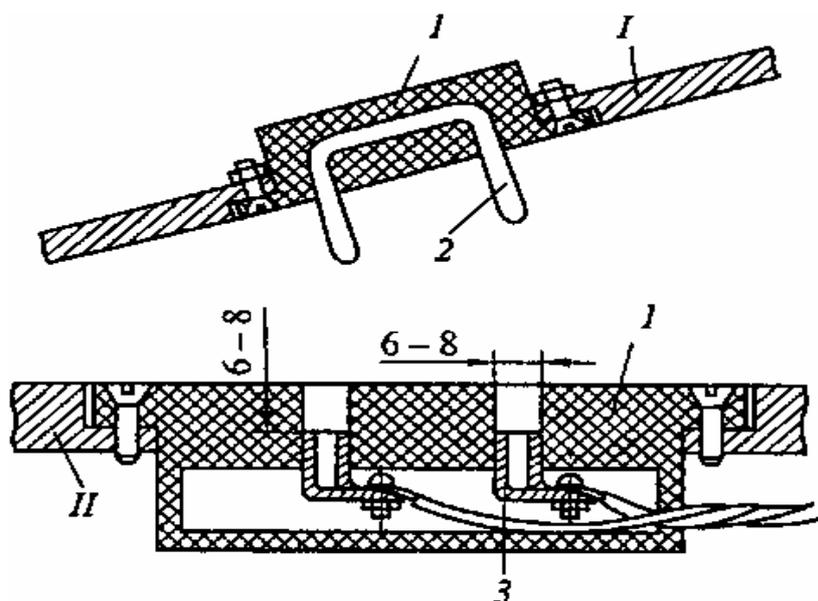


Рис. 1.1. Схема электромеханической блокировки  
 I – ограждение; II – корпус машины; 1 – изоляционная колодка;  
 2 – металлическая скоба; 3 – контакты.

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

Оборудование, на котором рабочие органы по своим технологическим функциям не могут быть ограждены (гильотинные ножи, струнорезущие механизмы, пуансон в штампирующей машине и т.п.) оснащают фотоэлектрической блокировкой.

Фотоэлектрическая блокировка работает по принципу пересечения луча, направленного на фотоэлемент или фотосопротивление, изменение светового потока, падающего на фотоэлемент, преобразуется в электрический сигнал, который после усиления подается на измерительно-командное устройство, которое дает импульс на включение исполнительного механизма защитного устройства.

#### ***1.4. Предохранительные средства и их расчет***

Предохранительные устройства не допускают аварий при нарушении нормального режима работы машины.

Предохранительные устройства можно разделить на две группы:

- устройства со специально предусмотренным слабым звеном, которое в критический момент разрушается и тем самым предупреждает аварию;
- устройства, не выходящие из строя после срабатывания.

К первой группе относят специальные штифты, муфты, плавкие предохранители, предохранительные мембраны и др.

Во вторую группу входят предохранительные клапаны; концевые выключатели; ограничители грузоподъемности, скорости и др.

Штифты и предохранительные муфты – устройства, обеспечивающие передачу крутящего момента не выше установленной величины. При возникновении опасных перегрузок рабочих органов машин штифт или срезная шпилька, соединяющие привод или непосредственно рабочий вал оборудования, срезаются и работа механизмов прекращается.

Методика расчета предохранительных штифтов заключается в определении усилия среза штифта.

Усилие среза штифта (Н) рассчитывают по формуле:

$$P_0 = \frac{\kappa_n \cdot M_{кр}}{R_{ш}},$$

где  $\kappa_n$  – коэффициент допускаемой перегрузки (1,3...1,4);

$M$  – крутящий момент на валу при максимальной загрузке оборудования, Н · м;

$R_{ш}$  – радиус окружности среза штифта, м.

Крутящий момент на валу (Н · м) определяют по формуле:

$$M_{кр} = N \cdot 60 / 2\pi \cdot n,$$

где  $N$  – мощность электродвигателя, кВт;

$n$  – число оборотов вала, об/мин.

Предел прочности штифта при срезе определяют по выражению:

$$\tau_{ср} = \kappa \cdot \sigma_{ср},$$

где  $\sigma_{ср}$  – предел прочности штифта при разрыве, Па;

$\kappa$  – коэффициент прочности (для серого чугуна 1,1...1,5)

Штифт рекомендуют выполнять из серого чугуна СЧ12-28 или СЧ15-32.

Более совершенными устройствами, автоматически отключающими рабочие органы при их перегрузке, являются фрикционные, электромагнитные и другие муфты, позволяющие регулировать величину крутящего момента.

Муфты в отличие от штифтов и шпилек не нуждаются в частой смене.

Для предупреждения аварии при перегрузке подъемно-транспортного оборудования используют кулачковую предохранительную муфту.

От приводного вала крутящий момент передается ведущему и ведомому кулачковым дискам. Диски сжимаются пружиной, через цилиндрические выступы ведомого диска, которые входят в пазы втулки, крутящий момент передается звездочке, закрепленной на втулке. При достижении предельного момента кулачки ведущего диска, преодолевая натяжение пружины, скользят по наклонной поверхности кулачков ведомого диска и попадают в промежутки между соседними кулачками. При этом раздается специфический звук (треск), сигнализирующий о наступившей перегрузке механизма.

Силу сжатия пружины (МН) определяют по формуле:

$$Q = P \cdot \left[ \frac{\operatorname{ctg} (\alpha + \rho) - D_{cp}}{(d_{\epsilon} \cdot \kappa_{mp})} \right],$$

где  $P$  – окружное усилие на среднем диаметре муфты, МН;

$\alpha$  – угол наклона боковой поверхности кулачка ( $25 \dots 35^{\circ}$ );

$\rho$  – угол трения между кулачками ( $8 \dots 10^{\circ}$ );

$D_{cp}$  – диаметр окружности точек приложения окружного усилия к кулачкам муфты, м;

$\kappa_{mp}$  – коэффициент трения в шпоночном соединении подвижной втулки ( $0,12 \dots 0,15$ ).

Передаваемый муфтой крутящий момент (МН · м) определяют по выражению:

$$M_{кр} = Q \cdot D_{cp} / 2 \cdot \left[ \operatorname{ctg} \cdot (\alpha + \rho) - D_{cp} / (\kappa_{mp} \cdot d_{\epsilon}) \right]$$

Срабатывание муфты происходит при предельном моменте  $e$ :

$$M_{кр \cdot \max} = \kappa_n \cdot M_{кр},$$

где  $\kappa_n$  – коэффициент перегрузки ( $1,1 \dots 1,4$ )

Чувствительность муфты характеризуют коэффициентом:

$$\varphi = \frac{\lambda \cdot j}{[\lambda - (\lambda - h)]},$$

где  $\lambda$  – полная осадка пружины при предельном крутящем моменте, м;

$j$  – жесткость пружины, МН/м ( $j=Q/\lambda$ )

$h$  – высота кулачка, м.

Чем больше значение  $\varphi$ , тем выше чувствительность муфты. Рекомендуют принимать  $\varphi=3,5 \dots 6,0$ .

На оборудовании, в котором образуется пылевоздушная смесь и может возникнуть взрыв (дезинтеграторы, молотковые дробилки и другие машины ударного измельчения), устанавливают предохранительные мембраны (взрыворазрядители).

Взрыворазрядители присоединяют к специальному отверстию в кожухе машины, которое составляет не менее  $0,03 \text{ м}^2$  на  $1 \text{ м}^3$  защищаемого внутреннего объема оборудования. Корпус машины должен находиться под небольшим вакуумом, чтобы пыль не выделялась в помещение. Вот почему взрыворазрядное отверстие перекрывают легкоразрушающейся перегородкой – мембраной. Мембрана должна легко разрушаться избыточным давлением, но сохраняться при вакууме и вибрации. Ею изготавливают из алюминиевой или медной фольги. Толщину металлической мембраны (мм) определяют по формуле:

$$\sigma = \kappa_{np} \cdot 10^{-3} \cdot PД,$$

где  $\kappa_{np}$  – коэффициент прочности (для алюминиевых мембран  $\kappa_{np}=0,33 \dots 0,38$ ; для медных мембран  $\kappa_{np}=0,15 \dots 0,18$ );

$P$  – разрушающее давление, Па ( $p=0,6 \cdot 10^{-5}$  Па);

$D$  – диаметр мембраны, мм ( $D=125\dots150$ мм).

Для защиты электродвигателей от перегрузки используют тепловые реле с биметаллической пластинкой (рис.1.2.)

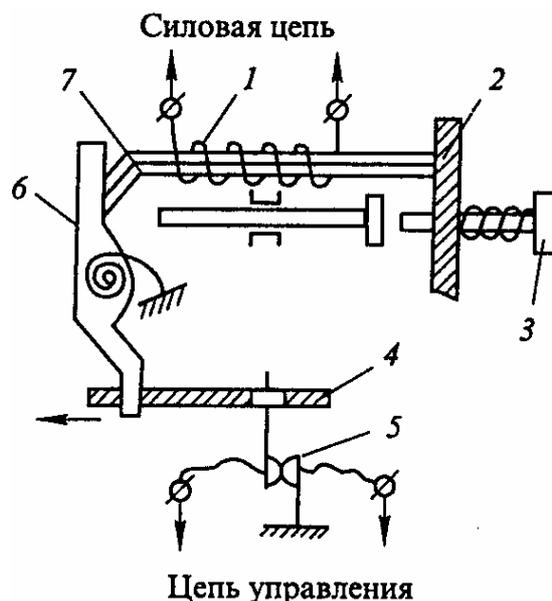


Рис. 1.2. Тепловое реле с биметаллической пластинкой.  
1 – нагревательный элемент; 2 – корпус реле; 3 – кнопка; 4 – тяга;  
5 – контакты; 6 – рычаг; 7 – биметаллическая пластинка.

Тепловые реле имеют три основные части:

- нагревательный элемент, включаемый последовательно в защищаемую от перегрузки сеть;
- биметаллическую пластинку, состоящую из двух спрессованных металлических пластинок с различными коэффициентами линейного расширения;
- контакты.

При протекании через нагревательный элемент тока, превышающего номинальный ток двигателя или сети, элемент выделяет такое количество тепла, при котором незакрепленный (левый) конец биметаллической пластины поднимается вверх, изгибается в сторону металла с меньшим коэффициентом линейного расширения, освобождая защелку рычага. Своим нижним концом рычаг перемещает тягу влево, которая размыкает контакты. Контакты разрывают цепь управления, например магнитного пускателя. Кнопка, выходящая за пределы корпуса реле, служит для возврата рычага в исходное положение после срабатывания реле.

### 1.5. Сигнализирующие устройства

Сигнализацию используют для информации рабочих об изменении режима технологических процессов. По назначению сигнализация бывает оперативной, предупредительной и опознавательной; по способу информации – визуальной и звуковой.

Звуковая сигнализация должна давать ясно различимый в окружающих условиях звук с частотой не более 2000 Гц.

Световую сигнализацию устраивают двухцветной. В зависимости от условий производства горит одна из ламп – зеленая или красная. Потухание обеих ламп свидетельствует о неисправности сигнального устройства. Для надежности световые сигналы включают параллельно, так что при выходе из строя лампы одного из сигнала другая будет работать.

Оперативная сигнализация необходима для фиксации выполнения отдельных этапов технологических процессов. Ее используют также для согласования действий работающих.

Предупредительная сигнализация оповещает о наличии опасности или ее возникновении. Средствами такой сигнализации являются световые и звуковые сигналы, работающие от датчиков, регистрирующих отклонение технологического процесса или работы оборудования от заданного параметра.

Опознавательная сигнализация предназначена для выделения того или иного оборудования, его частей или рабочих зон, представляющих опасность или требующих особого внимания. Для этого применяют окраску их в различные цвета, регламентируемые государственным стандартом.

Установлены следующие сигнальные цвета: красный – явная опасность; желтый – предупреждение о возможной опасности; зеленый – безопасность. Для пояснительных надписей используют ахроматические цвета: белый – на красном и зеленом фоне; черный – на белом и желтом фоне.

Синий цвет используется для указательных знаков и элементов производственной технической информации.

Желтый цвет предупреждает о предстоящем переходе технологического процесса на автоматический цикл работы, на приближение одного из параметров (тока, температуры и т.п.) к предельным значениям.

#### Вопросы для самоконтроля:

1. С помощью какого устройства предупреждают образование взрывоопасной концентрации пыли в корпусах оборудования?
2. Допустимая температура на поверхности теплоизоляции оборудования?
3. Для какой цели предусматривают в конструкции машины централизованную смазку или пары трения?
4. В каком случае пульт управления технологической линией оснащают блокировкой?
5. Для какой цели предназначен вводный выключатель, устанавливаемый на машине или линии?
6. С помощью каких средств предупреждают аварию из-за перегрузки оборудования?
7. Какую роль играет токовая защита электрооборудования?
8. В каком случае предусматривают в оборудовании местные светильники с индивидуальным выключателем?
9. Каким показателем характеризуют травмоопасность технологического оборудования?
10. Каковы принципы размещения информационных устройств и органов управления оборудованием?

11. Какие необходимо соблюдать условия при расположении и расстановке оборудования в производственных помещениях?
12. Какие требования предъявляют к массе виброизоляционных плит?
13. Какими производственными факторами характеризуется опасная зона?
14. Какие типы блокировок устанавливают на технологическом оборудовании?
15. На какие группы делят предохранительные устройства оборудования?
16. В чем заключается преимущество предохранительных муфт перед штифтами?
17. Почему корпус машины ударного измельчения должен находиться под небольшим вакуумом?
18. Как классифицируют сигнализацию по назначению и способу информации?

Тест по теме «Основы безопасной эксплуатации производственного оборудования»

№	Вопросы	Альтернатива	Код
1.	Какие требования предъявляют к электрической схеме оборудования, имеющего аспирацию?	<ul style="list-style-type: none"> <li>- автоматическое опережение пуска системы на 2...5с относительно пуска рабочих органов машины</li> <li>- автоматическое отключение системы после остановки рабочих органов машины через 25...30с</li> <li>- удовлетворение всех требований, изложенных в позициях 1.1. и 1.2.</li> </ul>	<p>1.1.</p> <p>1.2.</p> <p>1.3.</p>
2.	Какие устройства не должны отключаться системами ручного и автоматического аварийного отключения?	<ul style="list-style-type: none"> <li>- электромагнитные удерживающие устройства;</li> <li>- тормоза, стопорные и зажимные устройства;</li> <li>- устройства, представленные в позициях 2.1. и 2.2.</li> </ul>	<p>2.1.</p> <p>2.2.</p> <p>2.3.</p>
3.	Какое напряжение устанавливают в цепях управления оборудованием?	<ul style="list-style-type: none"> <li>- не более 24 В</li> <li>- не более 42 В</li> <li>- не более 12 В</li> </ul>	<p>3.1.</p> <p>3.2.</p> <p>3.3.</p>
4.	Какое значение показателя технической безопасности оборудования характеризует абсолютную безопасность его эксплуатации?	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 100%</li> <li>- 1,0%</li> <li>- 0,1%</li> </ul>	<p>4.1.</p> <p>4.2.</p> <p>4.3.</p>
5.	Какой должен быть диаметр маховика, вращаемого одной рукой?	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 210 мм</li> <li>- 200 мм</li> <li>- 190 мм</li> </ul>	<p>5.1.</p> <p>5.2.</p> <p>5.3.</p>
6.	В каком случае используют органы управления машины с помощью ног?	<ul style="list-style-type: none"> <li>- для быстрого маневрирования при больших усилиях</li> <li>- для управления оборудованием</li> </ul>	<p>6.1.</p>

		нием с большими усилиями - при невысокой точности и скорости управления	6.2. 6.3.
7.	Какие предусматривают рабочие проходы при компоновке производственного оборудования?	Не менее: - 0,8 м - 1,0 м - 1,5 м	7.1. 7.2. 7.3.
8.	На каком расстоянии устанавливают мостики для перехода людей через конвейеры?	- 20...30 м - 30...50 м - 50...60 м	8.1. 8.2. 8.3.
9.	На какую величину увеличивают ширину прохода между оборудованием при использовании грузовых тележек?	Больше ширины тележки на: - 0,8 м - 1,0 м - 1,5 м	9.1. 9.2. 9.3.
10.	На каком принципе работает фотоэлектрическая блокировка?	На принципе: - замыкания контактов электрической цепи - пересечения луча, направленного на фотоэлемент или фотосопротивление - связи между ограждением и пусковым устройством	10.1. 10.2. 10.3.
11.	Какие устройства относят к группе устройств со слабым звеном?	- концевые выключатели - предохранительные клапаны - штифты, муфты	11.1. 11.2. 11.3.
12.	В каком случае используют оперативную сигнализацию?	- для фиксации выполнения отдельных этапов технологических процессов - для согласования действий работающих - в случаях, указанных в позициях 12.1. и 12.2.	12.1. 12.2. 12.3.
13.	При каком типе сигнализации срабатывают одновременно звуковая и световая сигнализация?	- оперативная - предупредительная - опознавательная	13.1. 13.2. 13.3.
14.	Что сигнализирует красный цвет в условиях производства?	- предупреждение о возможной опасности - явную опасность - безопасность	14.1. 14.2. 14.3.
15.	Что обозначает сигнальный желтый цвет?	- предупреждает о приближении одного из параметров технологического цикла к предельным значениям - предупреждает о возможной	15.1.

	опасности	15.2.
	- предупреждает то, что изложено в позициях 15.1. и 15.2.	15.3.

Ключ: 1.3; 2.3; 3.2; 4.1; 5.3; 6.1; 7.2; 8.2; 9.2; 10.2; 11.3; 12.3; 13.2; 14.2; 15.3.

## **2. Безопасность эксплуатации сосудов, аппаратов и установок, работающих под давлением**

Оборудование, работающее под давлением выше атмосферного, на пищевых предприятиях используют для ведения тепловых процессов, что обеспечивает более совершенную технологию производства. В то же время этот вид оборудования представляет потенциальную опасность взрыва, поэтому эксплуатация его контролируется Госгортехнадзором РФ и должна осуществляться в строгом соответствии с правилами устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением. Эти правила распространяются на оборудование, работающее под избыточным давлением свыше 0,07 МПа (без учета гидростатического давления).

### ***2.1. Контрольно-измерительные приборы, арматура, предохранительные устройства и их расчет***

Технологические трубопроводы аппаратов, работающих под давлением, по назначению можно разделить на:

- главный паропровод, предназначенный для централизованного подвода пара в паровую рубашку от парогенератора;
- паро-пропускной трубопровод для перепуска отработанного пара от одного сосуда в другой, если в этом есть необходимость;
- выпускной трубопровод, используемый для выпуска пара в атмосферу;
- трубопровод уплотненный, необходимый для подвода пара или воды к уплотнительным прокладкам;
- конденсатоотводящий трубопровод для удаления конденсата.

На каждом технологическом трубопроводе для управления подачей рабочей среды (пара) в оборудование, поддержания заданных технологических режимов тепловой обработки продукции, обеспечения надежности и безопасности при эксплуатации устанавливают:

- специальную арматуру (задвижки, вентили, обратные клапаны);
- регулирующие органы (редукционные клапаны, регулирующие клапаны);
- конденсатоотводящие устройства (конденсационные горшки, конденсатоотводчики непрерывного действия, предохранительные устройства).

На главном и пароперепускном паропроводах, выпускном и конденсатоотводящем трубопроводах должны быть установлены запорные вентили и задвижки.

Во избежание гидравлических ударов все участки паропровода, которые могут быть отключены запорными органами, снабжают дренажными устрой-

вами для удаления конденсата. На дренажных трубопроводах устанавливают не менее двух запорных органов.

Задвижки и вентили используют для полного отключения и включения паропроводов и конденсатопроводов.

В отличие от задвижек и вентилях обратные клапаны предназначены для прекращения подачи воды или пара в обратном направлении. Обратные клапаны устанавливают на паропропускных и конденсатоотводящих трубопроводах вблизи аппаратов, чтобы предотвратить поступление в открытый автоклав пара и конденсата.

Для управления арматурой трубопроводов (задвижкой, вентилем) используют приводы (рис. 2.1.). Они могут осуществлять дистанционное управление арматурой с пульта управления.

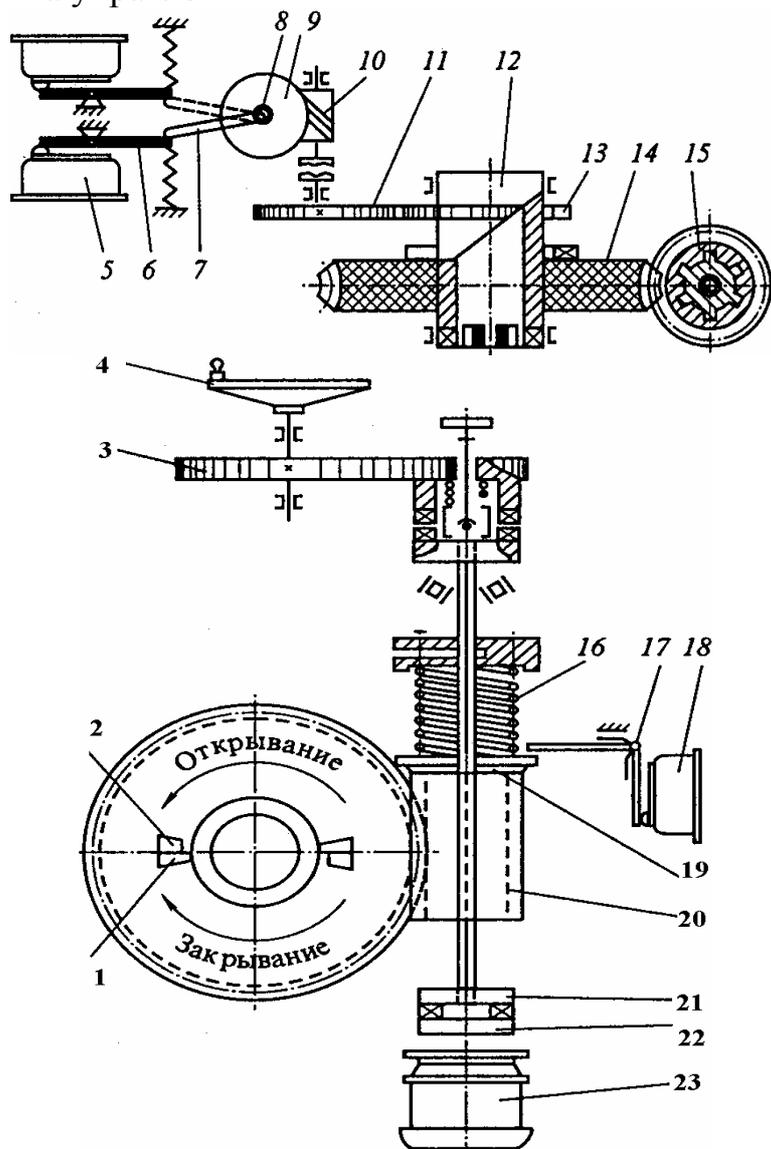


Рис. 2.1. Кинематическая схема электропривода

1,2 – кулачки; 3 – шестерня; 4 – маховик; 5 – первый микропереключатель; 6 – первый рычаг; 7 – кулачки валика; 8 – валик; 9 – второе червячное колесо; 10 – второй червяк; 11,13 – цилиндрические шестерни; 12 – приводной вал; 14 – первое червячное колесо; 15 – шлицевой вал; 16 – пружина; 17 – второй рычаг; 18 – второй микропереключатель; 19 – шайба; 20 – первый червяк; 21, 22 – полумуфты; 23 – электродвигатель.

При пуске электродвигателя вращение через полумуфты передается шлицевому валу и первому червяку, который передает вращение первому червячному колесу. После того как зазор между кулачками будет выбран, начинается вращение приводного вала, соединенного с вентилем. Одновременно через пару цилиндрических шестерен, второй червяк и второе червячное колесо вращение передается валику, на котором закреплены кулачки, которые, нажав на первый рычаг, освобождают кнопку первого микропереключателя, после чего цепь катушки пускателя размыкается. При этом электродвигатель отключается от сети.

Для ограничения крутящего момента, развиваемого электроприводом при закрывании вентиля, в конструкции электропривода предусмотрена муфта, ограничивающая крутящий момент.

Основными приборами и средствами, обеспечивающими безопасную эксплуатацию котлов и автоклавов, являются манометры, указатели воды, предохранительные клапаны, регулирующая арматура и автоматические устройства безопасности. На рис.2.2. представлена схема расположения арматуры и контрольно-измерительных приборов на котлах.

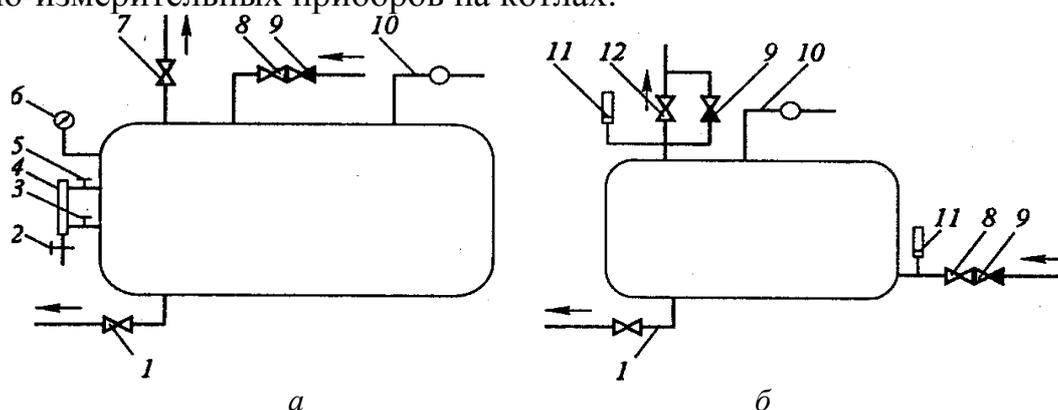


Рис. 2.2. Расположение арматуры и контрольно-измерительных приборов на котлах

*а* – паровом; *б* – водяном; 1 – вентиль для спуска воды; 2 – спускной кран для продувки; 3 – водяной кран; 4 – указатель уровня воды; 5 – паровой кран; 6 – манометр; 7 – парозапорный вентиль; 8 – питательный вентиль; 9 – обратный клапан; 10 – предохранительный клапан; 11 – термометр; 12 – водоразборный вентиль.

При тепловой обработке пищевой продукции в автоклавах строго требуется соблюдать режим подъема, выдержки и снижения температуры, что определяет качество выпускаемой продукции. В связи с этим автоклавы оснащают программными регуляторами или автоматическими системами теплового регулирования, которые обеспечивают автоматизацию режима тепловой обработки.

Для исключения возможности открытия крышки при наличии давления в оборудовании, служит реле давления (рис. 2.3.). Чувствительным элементом реле является резиновая мембрана зажатая между нижней плитой и крышкой. Давление подводимое к штуцеру, изгибает мембрану. Под действием мембраны, преодолевая сопротивление пружины, поднимается шток, который действует на микропереключатель, замыкает электрическую цепь управления. Микропереключатель закрывается кожухом.

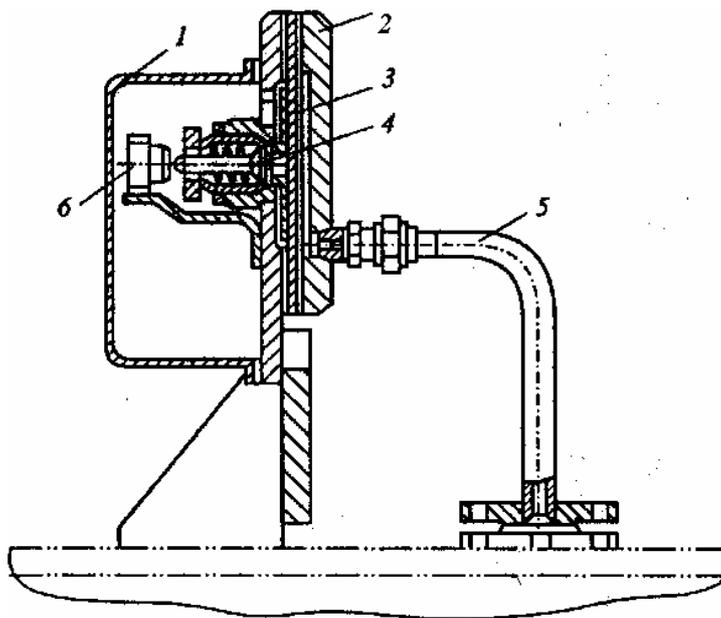


Рис. 2.3. Схема реле давления  
 1 – кожух; 2 – крышка; 3 – резиновая мембрана; 4 – шток;  
 5 – штуцер; 6 - микропереключатель.

Для предупреждения аварий и взрывов аппаратов, работающих под давлением служат автоматические предохранительные клапаны. При увеличении давления газа или пара в аппарате выше установленного предела поднимается клапан и давление снижается. Сминание паровой рубашки аппарата в результате конденсации пара предотвращается вакуумным клапаном, поднимающимся под действием разности между атмосферным давлением и давлением в паровой рубашке.

Число предохранительных клапанов, их размеры и пропускную способность определяют по расчету с условием, чтобы в автоклаве не могло возникнуть давление, превышающее рабочее более чем на 15%.

$$ndh = \frac{Q}{k\rho(i - t_{ex}) \cdot 10^2},$$

- где  $n$  – число предохранительных клапанов;  
 $d$  – диаметр седла клапана в свету, мм;  
 $h$  – высота подъема клапана, мм (полноподъемные –  $h \geq 1/4 d$ , низкоподъемные –  $h \geq 1/20 d$ )  
 $Q$  – максимальная теплопроизводительность оборудования, кДж/ч;  
 $k=135$  – теплопроизводительность, коэффициент для низкоподъемных клапанов;  
 $k = 70$  – для полноподъемных;  
 $\rho$  – максимально допустимое давление в оборудовании при полном открытии клапана, МПа;  
 $i$  – теплосодержание насыщенного пара при максимально допустимом давлении в сосуде, кДж/кг;  
 $t_{ex}$  – температура воды, входящей в сосуд,  $^{\circ}\text{C}$ .

Все котлы и автоклавы, рассчитанные на давление, которое меньше давления в подводящем паропроводе от парогенераторов, оснащают редуцирующим устройством, автоматически перепускающим пар из полости более высокого давления в полость более низкого давления с поддержанием постоянства давления в одной из полостей. Редукционные клапана устанавливают на горизонтальном участке трубопровода.

Для предотвращения аварий при эксплуатации паровых котлов на предприятиях действуют автоматические системы регулирования подачи воды в котлы и сигнализации предельных уровней.

Большинство сигнализаторов уровня воды с автоматическим регулированием ее подачи основано на принципе электропроводности воды. При понижении воды в котле ниже установленного предела электрическая цепь размыкается, звуковая сигнализация свидетельствует об утечке воды. Одновременно автоматически включается питательный насос. При повышении установленного уровня воды в котле питательный насос автоматически отключается.

## ***2.2. Регистрация и техническое освидетельствование оборудования, работающего под давлением***

Все технологическое оборудование (варочные котлы, вакуумные аппараты, автоклавы и др.), работающие под давлением, допускается устанавливать только в отдельных помещениях.

До пуска в эксплуатацию оборудование необходимо зарегистрировать в органах Госгортехнадзора. Разрешение на пуск его выдает инспектор Госгортехнадзора после регистрации и технического освидетельствования. При техническом освидетельствовании проверяют документацию на оборудование, производят внутренний осмотр и гидравлическое испытание.

Цель внутреннего осмотра заключается в выявлении на поверхности оборудования возможных дефектов. Гидравлическое испытание необходимо для определения прочности и плотности сварных соединений сосуда.

Технические освидетельствования бывают первичными (перед пуском в эксплуатацию оборудования), периодическими и досрочными.

Первичное техническое освидетельствование осуществляют на заводе-изготовителе или на предприятии.

Периодический внутренний осмотр сосудов, находящихся в эксплуатации, производят не реже одного раза в 4 года, а гидравлическое испытание – не реже одного раза в 8 лет.

Гидравлическое испытание сосудов, предназначенных для работы при температуре стенок до  $200^{\circ}\text{C}$ , производят после их изготовления пробным давлением  $1,5 P_{\text{раб}}$ , но не менее  $2 \text{ кг}\cdot\text{с}/\text{см}^2$  при рабочем давлении  $P_{\text{раб}}$  ниже  $5 \text{ кг}\cdot\text{с}/\text{см}^2$  и пробным давлением  $1,25 P_{\text{раб}}$  при рабочем давлении  $5 \text{ кг}\cdot\text{с}/\text{см}^2$  и выше. Литые сосуды независимо от рабочего давления испытывают пробным давлением  $1,5 P_{\text{раб}}$ , но не менее  $3 \text{ кг}\cdot\text{с}/\text{см}^2$ . Время выдержки сосуда под пробным давлением принимается не менее 10 мин при толщине стенок до 50 мм и 10 мин при толщине стенок до 50 мм и литого сосуда – 60 мин независимо от толщины стенок.

Досрочным техническим освидетельствованиям сосуда должны подвергаться в том случае, если была проведена его ремонтная работа с применением сварки, если сосуд был демонтирован и установлен на новом месте или перед пуском в работу бездействовал.

### ***2.3. Безопасность эксплуатации холодильных установок***

При эксплуатации холодильных установок может быть разрушение цилиндров компрессоров вследствие гидравлического удара, возникающего при переполнении системы жидким хладагентом, а также из-за неправильной регулировки режима работы установки или применения не тарированных буферных крышек безопасности (ложных крышек).

Взрывы конденсаторов и особенно ресиверов холодильных установок могут возникать при неисправных предохранительных клапанах.

К опасным режимам работы и авариям приводит установка более мощных или дополнительных компрессоров без приведения в соответствие с ними всех элементов холодильной системы (конденсаторов, испарителей, насосов), а также пуск установки в эксплуатацию после ремонта или реконструкции без пробных испытаний.

Машинные и аппаратные отделения оборудуют легкобрасываемыми конструкциями (окнами, распашными воротами, площадь которых составляет 0,03 м<sup>2</sup> на 1 м<sup>3</sup> объема помещения).

Помещения холодно-компрессорных установок оборудуют механической вентиляцией с кратностью воздухообмена по притоку не менее 2 ч<sup>-1</sup>, по вытяжке - 3 ч<sup>-1</sup>, а также вытяжной аварийной вентиляцией с кратностью 8 ч<sup>-1</sup>. Исправность аварийной вентиляции необходимо проверять ежедневно.

На наружных стенах у выходов из машинного отделения монтируют устройства для экстренного (аварийного) отключения всех холодильных установок. При этом одновременно должны автоматически включаться аварийные системы вентиляции и освещения.

Холодильные установки оснащают обратными и предохранительными клапанами, указателями уровня, контрольно-измерительными приборами, средствами автоматической защиты.

Автоматическая защита предохраняет холодильные установки от гидравлических ударов и опасных режимов работ.

Реле-регуляторы служат для контроля и регулировки уровня аммиака в аппаратах и сосудах, а также для защиты компрессоров от гидравлических ударов.

Все приборы автоматической защиты должны иметь замкнутую выходную цепь или замкнутые контакты при нормальном состоянии контролируемых ими параметров. Контакты размыкаются только в случаях отклонения параметров от нормы. В установках с переключениями компрессоров на несколько испарительных систем с различными температурами кипения при срабатывании защитных реле любой испарительной системы должны остановиться все компрессоры.

Электрические схемы приборов защиты выполняют так, чтобы исключить возможность автоматического пуска компрессоров после срабатывания приборов защиты. Пуск осуществляют после ручной деблокировки защиты.

Вопросы для самоконтроля:

1. Какое оборудование считают работающим под давлением выше атмосферного?
2. Для какой цели используют обратные клапаны и где их устанавливают?
3. Какими приборами и средствами обеспечивается безопасная эксплуатация котлов и автоклавов?
4. Для какой цели автоклавы оснащают программными регуляторами или автоматическими системами теплового регулирования?
5. Какое устройство не дает возможность открыть крышку при наличии давления в оборудовании?
6. В чем заключается сущность расчета предохранительных клапанов?
7. Для какой цели оборудование, работающее под давлением, оснащают редуцированными клапанами?
8. На каком принципе основана работа автоматической системы регулирования подачи воды в котлы?
9. Где допускается устанавливать технологическое оборудование, работающее под давлением?
10. Какие виды технического освидетельствования сосудов, работающих под давлением, имеют место на предприятиях?
11. В какие сроки осуществляют контроль работы аварийной вентиляции?

Тест к разделу «Безопасность эксплуатации сосудов, аппаратов и установок, работающих под давлением»

№	Вопрос	Альтернатива	Код
1.	Для какой цели служит главный паропровод аппаратов, работающих под давлением?	<ul style="list-style-type: none"> <li>- для централизованного подвода пара в паровую рубашку от парогенератора</li> <li>- для перепуска отработанного пара от одного сосуда в другой</li> <li>- для подвода пара к уплотнительным прокладкам</li> </ul>	<p>1.1.</p> <p>1.2.</p> <p>1.3.</p>
2.	Что относится к регулирующим органам оборудования, работающего под давлением?	<ul style="list-style-type: none"> <li>- вентили</li> <li>- редуцирующие клапаны</li> <li>- обратные клапаны</li> </ul>	<p>2.1.</p> <p>2.2.</p> <p>2.3.</p>
3.	На каких участках систем, работающих под давлением, должны быть установлены запорные вентили и задвижки?	<ul style="list-style-type: none"> <li>- на главном и пароперепускном паропроводах</li> <li>- на выпускном и конденсаторотводящем трубопроводах</li> <li>- на участках, представленных в позициях 3.1 и 3.2.</li> </ul>	<p>3.1.</p> <p>3.2.</p> <p>3.3.</p>

4.	Где устанавливают обратные клапаны?	<ul style="list-style-type: none"> <li>- на паро-перепускных и конденсатоотводящих трубопроводах</li> <li>- на главном паропроводе и выпускном трубопроводе</li> <li>- на трубопроводах, указанных в позициях 4.1. и 4.2.</li> </ul>	<p>4.1.</p> <p>4.2.</p> <p>4.3.</p>
5.	С помощью какого устройства предотвращается сминание паровой рубашки аппарата?	<ul style="list-style-type: none"> <li>- редукционного клапана</li> <li>- предохранительного клапана</li> <li>- вакуумного клапана</li> </ul>	<p>5.1.</p> <p>5.2.</p> <p>5.3.</p>
6.	От какого условия зависит число предохранительных клапанов и параметры их характеристик?	<p>Чтобы давлением в оборудовании не превышало рабочее на:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 10%</li> <li>- 15%</li> <li>- 20%</li> </ul>	<p>6.1.</p> <p>6.2.</p> <p>6.3.</p>
7.	Где необходимо зарегистрировать технологическое оборудование, работающее под давлением?	<ul style="list-style-type: none"> <li>- в органах Государственной экспертизы</li> <li>- в органах Госгортехнадзора</li> <li>- в органах, указанных в позициях 7.1. и 7.2.</li> </ul>	<p>7.1.</p> <p>7.2.</p> <p>7.3.</p>
8.	Какая должна быть площадь легкобрасываемой конструкции?	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 0,09 м<sup>2</sup> на 1м<sup>3</sup> объема помещения</li> <li>- 0,06 м<sup>2</sup> на 1м<sup>3</sup> объема помещения</li> <li>- 0,03 м<sup>2</sup> на 1м<sup>3</sup> объема помещения</li> </ul>	<p>8.1.</p> <p>8.2.</p> <p>8.3.</p>
9.	Где монтируют устройства для аварийного отключения холодильных установок?	<ul style="list-style-type: none"> <li>- в машинном отделении</li> <li>- в аппаратном отделении</li> <li>- на наружных стенах у выхода из машинного отделения</li> </ul>	<p>9.1.</p> <p>9.2.</p> <p>9.3.</p>
10.	Для какой цели служит автоматическая защита в холодильных установках?	<p>Для защиты ХКУ от:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- гидравлических ударов</li> <li>- опасных режимов работ</li> <li>- показателей позиций 10.1 и 10.2</li> </ul>	<p>10.1.</p> <p>10.2.</p> <p>10.3.</p>

Ключ: 1.1.; 2.2.; 3.3.; 4.1.; 5.3.; 6.2.; 7.2; 8.3; 9.3.; 10.3.

### 3. Электробезопасность

Электротравматизм по сравнению с другими видами производственного травматизма составляет небольшой процент, но по числу случаев со смертельным исходом занимает одно из первых мест. Вот почему обслуживание электрических установок относят к работам, выполняемым в условиях повышенной опасности.

#### 3.1. Действие электрического тока на организм человека

Действие электрического тока на человека носит сложный и разнообразный характер. При замыкании электрической цепи через организм человека ток оказывает термическое, электролитическое, биологическое и механическое воздействие.

**Термическое действие** тока проявляется в виде ожогов как наружных участков тела, так и внутренних органов, в том числе кровеносных сосудов и нервных тканей. Электроожоги излечиваются значительно труднее и медленнее обычных термических, сопровождаются внезапно возникающими кровотечениями, омертвлением отдельных участков тела.

В тканях, через которые проходит ток, выделяется теплота. По закону Джоуля – Ленца теплота (Дж), выделяемая током определяется по формуле:

$$\Theta = I_h^2 \cdot R_h \cdot \tau,$$

где  $I_h$  – сила тока, прошедшая через тело, А;

$R_h$  – сопротивление организма человека воздействию электрического тока, Ом;

$\tau$  – время воздействия тока на организм человека, с.

Этой теплоты даже при кратковременном воздействии тока на организм достаточно для нагревания тканей до температуры 45...60<sup>0</sup>С, при которой свертывается белок и возникает ожог.

Тело человека является проводником электрического тока, его сопротивление воздействию тока величина переменная и зависит от многих факторов, в том числе от параметров электрической цепи, физиологического состояния человека, условий окружающей среды и т.п. Во всех расчетах по обеспечению электробезопасности принимают  $R_h=1000$  Ом, т.е. такое сопротивление, когда человек находится в наихудших для себя условиях (нервно-психическое или болезненное состояние, повышенная влажность окружающей среды, наличие большого числа металлических конструкций и т.п.)

Основным поражающим фактором является сила электрического тока, проходящая через тело человека.

Человек начинает ощущать воздействие переменного тока величиной 0,3...1,5 мА. Это порог ощутимого тока, который не представляет серьезной опасности, так как человек самостоятельно может нарушить контакт с токоведущей частью электроустановки.

Величину тока 10...15 мА называют порогом неотпускающего тока, так как при промышленной частоте 50 Гц эта величина тока вызывает произвольное сокращение мышц кисти руки и предплечья, сопровождающееся резкой болью. При воздействии этого тока на организм человек не может разжать руку, т.е. он не в состоянии самостоятельно нарушить контакт с токоведущей частью электроустановки и оказывается как бы прикованным к ней.

Ток 40 мА (0,04 А) поражает органы дыхания и сердечно-сосудистую систему, вызывает фибрилляцию сердца. Фибрилляция – это такое состояние сердца, когда оно перестает сокращаться как единое целое в определенной последовательности. При этом происходят отдельные подергивания волокон сердечной мышцы, насосная функция сердца прекращается. Отсутствие кровообращения вызывает в организме недостаток кислорода, что в свою очередь приводит к прекращению дыхания. Такое состояние человека называют клинической смертью – переходным периодом от жизни к смерти. Однако в этот период во всех тканях организма еще продолжают слабые обменные процессы, достаточные для поддержания минимальной жизнедеятельности. При клинической смерти первыми начинают погибать чувствительные к кислородному голоданию клетки коры головного мозга, с деятельностью которых связаны сознание и мышление. В связи с этим длительность клинической смерти определяется временем с момента прекращения сердечной деятельности и дыхания до начала гибели клеток головного мозга. В большинстве случаев это время составляет 4...5 мин., но не более 7 мин. Человек, находящийся в состоянии клинической смерти, вернуть к жизни можно, оказав ему оперативную помощь. При доступе свежего воздуха необходимо сделать искусственное дыхание или использовать дефибрилятор – аппарат для прекращения фибрилляции.

Ток 100 мА (0,1А) считается смертельным, так как происходят немедленная остановка сердца и паралич дыхания.

Чем продолжительнее действие тока, тем больше вероятность тяжелого или летального исхода. Такая зависимость объясняется тем, что с увеличением времени действия тока резко снижается сопротивление организма  $R_h$ , а величина тока  $I_h$ , прошедшего через тело, возрастает при постоянном напряжении электрической сети  $V$ , т.е. в этом случае входит в силу закон Ома: 
$$I_h = \frac{U}{R_h} (A).$$

Время  $\tau=15$ с является длительным временем воздействия тока на организм человека.

**Электролитическое действие** тока вызывает электролиз крови и лимфатической жидкости, в результате чего нарушается их химический состав и ткани организма в целом, что приводит к смертельному исходу.

Опасность поражения электрическим током усугубляется еще и тем, что пострадавший не может сам оказать себе помощь, так как ток проявляет **биологическое воздействие**. Электрический ток нарушает действие биотоков, управляющих внутренним движением ткани, вызывает произвольное, противостественное судорожное сокращение мышц сердца и легких.

**Механическое действие** тока на организм является причиной электрических травм. Характерными видами электротравм являются ожоги, электриче-

ские знаки, металлизация кожи, электроофтальмия, разрыв тканей, вывихи суставов и переломы костей.

Ожоги бывают двух видов – токовый, или контактный, и дуговой. Токовый ожог возникает в результате контакта человека с токоведущей частью и является следствием преобразования электрической энергии в тепловую.

Дуговой ожог обусловлен воздействием на тело электрической дуги, обладающей высокой температурой и большой энергией. Дуговой ожог возникает в электроустановках различных напряжений, часто является следствием случайных коротких замыканий, отключений разъединителей и рубильников под высоким напряжением. В этом случае дуга может переброситься на человека и через него пройдет ток большой величины – до нескольких десятков ампер.

Электрические знаки представляют собой очерченные пятна серого цвета или бледно-желтого цвета на поверхности кожи человека, подвергшегося действию тока. В большинстве случаев электрические знаки безболезненны и их лечение заканчивается благополучно.

Металлизация кожи – проникновение в ее верхние слои мельчайших частичек металла, расплавившегося под действием электрической дуги. С течением времени больная кожа сходит, пораженный участок приобретает нормальный вид, и болезненные ощущения исчезают.

Электроофтальмия – воспаление наружных оболочек глаз, возникающее в результате воздействия мощного потока ультрафиолетовых лучей электрической дуги. При поражении глаз лечение может оказаться длительным и сложным.

Разрывы тканей, вывихи суставов и переломы костей могут произойти в результате резких, произвольных судорожных сокращений мышц под действием тока или при падении вниз при выполнении работ на электроустановке, расположенной на высоте.

Исход поражения электрическим током во многом зависит от индивидуальных особенностей человека. Установлено, что здоровые и физически крепкие люди легче переносят воздействие электрического тока, чем слабые и больные. Повышенной восприимчивостью к току обладают лица, страдающие болезнями кожи, сердечно-сосудистой системы, органов внутренней секреции и т.п. Состояние возбуждения нервной системы, депрессии, утомления, опьянения способствует более тяжелому исходу электротравматизма.

Действие электрического тока не всегда проходит бесследно, возможны отдаленные последствия электротравмы. Наблюдались случаи развития диабета, заболеваний щитовидной железы, половых органов, органического изменения сердечно-сосудистой системы и вегетативно-эндокринного расстройства, резкого снижения сопротивления организма  $R_h$  воздействию электрического тока, которое никогда не восстанавливается до того уровня, которое было до воздействия электрического тока на человека.

### 3.2. Анализ опасности поражения током в зависимости от режима работы электроустановки

Степень опасности и исход поражения током зависят от пяти факторов:

- схемы «подключения» человека в электрическую цепь;
- напряжения сети;
- схемы самой сети и режима ее нейтрализации;
- степени изоляции токоведущих частей от земли;
- сопротивления самого человека воздействию электрического тока.

На предприятиях используют две схемы электрической сети:

- трехфазную четырехпроводную с заземленной нейтралью;
- трехфазную с изолированной нейтралью.

Нейтральной точкой трансформатора (генератора) называют точку соединения обмоток питающего трансформатора. При нормальном режиме работы электрической сети в этой точке напряжение  $U_0=0$ . Нейтраль источника питания может быть заземленная и изолированная от земли, что определяет режим ее работы. Заземление нейтрали называют рабочим заземлением  $R_0$ .

Выбор схемы сети и режима нейтрали источника тока осуществляют в зависимости от технологических требований и условий безопасности.

По **технологическим требованиям** предпочтение отдается четырехпроводной сети, так как эта сеть характеризуется двумя напряжениями – линейным и фазным (380/220 В). Линейным напряжением  $U_{л}=380\text{В}$  питают силовую нагрузку – включают электродвигатели производственного оборудования между фазными проводами. Фазное напряжение  $U_{ф}=220\text{В}$  используют для осветительной установки – подключают лампы между фазным и нулевым проводами. Линейное напряжение всегда больше фазного в 1,73 раза ( $U_{л}=\sqrt{3} \cdot U_{ф}$ ).

По условиям безопасности сети с изолированной нейтралью целесообразно применять, когда имеется возможность поддерживать высокий уровень изоляции сети, обеспечивающий незначительную емкость проводов относительно земли. Это могут быть малоразветвленные сети, не подверженные воздействию агрессивной среды и находящиеся под постоянным надзором квалифицированного персонала.

Сети с заземленной нейтралью применяют там, где невозможно обеспечить высокий уровень изоляции электроустановки и нельзя быстро отыскать и устранить ее повреждение.

Поражение человека электрическим током может быть вызвано однополюсным (однофазным) или двухполюсным (двухфазным) прикосновением к токоведущей части установки.

Однофазное подключение является менее опасным, чем двухфазное, однако оно возникает значительно чаще и является основной причиной электротравматизма. На исход поражения в этом случае оказывает решающее влияние режим нейтрали электросети.

На рис.3.1. представлена схема прикосновения к одной из фаз сети с изолированной нейтралью. Последовательно с сопротивлением человека по этой

схеме оказываются включенными сопротивления изоляции и емкости относительно земли двух других неповрежденных фаз.

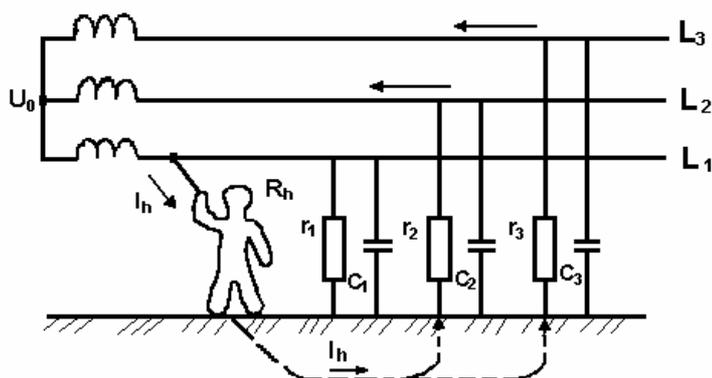


Рис.3.1. Однополюсное прикосновение к сети с изолированной нейтралью при нормальном режиме работы.

При нормальном режиме работы электросети напряжение нейтрали источника питания по отношению к земле равно нулю. Напряжения фаз относительно земли одинаковы и равны фазным напряжениям источника питания.

Если человек коснется фазы  $L_1$ , то через его тело потечет ток по цепи: фаза  $L_1$  → тело человека ( $R_h$ ) → земля ( $R_3$ ) → проводимость неповрежденных фаз  $L_2$  и  $L_3$  → фаза  $L_1$ .

Сопротивление изоляции проводов никогда не равно бесконечно большой величине, обязательно имеют место токи утечки. Сопротивление изоляции проводов по отношению к земле изображены в виде сосредоточенных сопротивлений  $r_1$ ,  $r_2$  и  $r_3$ . Значения  $C_1$ ,  $C_2$  и  $C_3$  – собственная емкость фазных проводов. Провода и земля в этом случае являются как бы обкладками конденсатора, между которыми возникает электрическое поле. Чем более протяженная электрическая сеть, тем больше ее емкость.

С увеличением мощности сети возрастает ток утечки, следовательно, увеличивается электрическое поле между проводами и землей. С целью снижения тока утечки на предприятиях используют короткие электрические сети.

Силу тока ( $I_h$ ), прошедшего через тело человека при однофазном подключении в трехфазную сеть с изолированной нейтралью определяют по формуле:

$$I_h = \frac{3 U_\phi}{3 R_h + R_{из}}, A,$$

где  $U_\phi$  – фазное напряжение, В;

$R_h$  – сопротивление организма человека воздействию электрического тока, Ом;

$R_{из}$  – сопротивление изоляции электропроводов, Ом.

Сопротивлением земли можно пренебречь из-за его бесконечно малого значения, так как в этом случае площадь земли равна площади ступней человека.

В соответствии с требованиями «Правил устройства электроустановок» (ПУЭ) сопротивление изоляции фазных проводов относительно земли должно быть  $R_{из} \geq 0,5 \text{ МОм} \geq 500000 \text{ Ом}$ .

В сетях с изолированной нейтралью опасность для человека, прикоснувшегося к одному из фазных проводов в период нормальной работы сети, главным образом зависит от сопротивления изоляции проводов относительно земли. С увеличением сопротивления изоляции опасность поражения электрическим током уменьшается.

При аварийном режиме работы этой же сети, когда имеет место замыкание фазы на землю, напряжение в нейтральной точке может достигать фазного напряжения, напряжение неповрежденных фаз относительно земли становится равным линейному напряжению. В этом случае, если человек прикоснется к одной фазе, он окажется под линейным напряжением, через него пойдет ток по пути «рука-нога». В данной ситуации на исход поражения сопротивление изоляции проводов не играет никакой роли. Такое поражение током чаще всего приводит к летальному исходу.

На предприятиях, где сети разветвленные и имеют значительную протяженность, а следовательно, большую емкость, система с изолированной нейтралью теряет свое преимущество, так как увеличивается ток утечки, снижается сопротивление участка фаза-земля. С точки зрения электробезопасности в таких случаях предпочтение отдается сети с заземленной нейтралью.

На рис.3.2. показана схема прикосновения человека к одной фазе сети с заземленной нейтралью. При прикосновении к одной из фаз сети с заземленной нейтралью через тело человека ток пойдет по цепи:

Фаза  $L_1 \rightarrow$  тело человека  $R_h \rightarrow$  земля  $R_3 \rightarrow$  сопротивление заземления нейтрали  $R_0 \rightarrow$  фаза  $L_1$ .

В сетях с глухозаземленной нейтралью напряжение отдельных фаз по отношению к земле остается практически постоянным и равно фазному напряжению  $U_\phi$ . Поэтому при прикосновении человека к фазному проводу сети он оказывается под действием фазного напряжения ( $U_\phi$ ). Сила тока  $I_h$ , протекающего через тело человека  $R_h$  определяется формулой:

$$I_h = \frac{U_\phi}{R_h + R_3 + R_0}, A,$$

где  $R_3$  – сопротивление земли, Ом;

$R_0$  – сопротивление заземления нейтрали, Ом

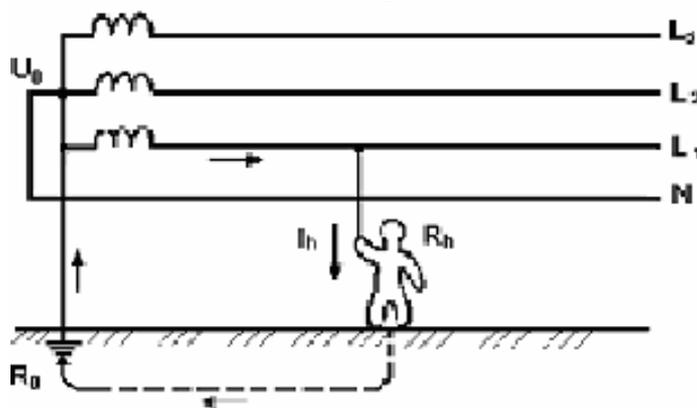


Рис. 3.2. Схема прикосновения человека к одной фазе сети с заземленной нейтралью

Сопротивлением земли, как и в случае электрической сети с изолированной нейтралью можно пренебречь.

Согласно требованиям ПУЭ  $R_0$  не должно превышать 10 Ом, что значительно меньше минимального сопротивления человека, поэтому в расчете силы тока  $I_h$  сопротивлением рабочего заземления  $I_0$  можно пренебречь.

Таким образом, при подключении к одной фазе трехфазной четырехпроводной сети с глухозаземленной нейтралью человек оказывается под фазным напряжением  $U_\phi$ , а сила тока, проходящего через него, определяется по формуле:

$$I_h = \frac{U_\phi}{\sqrt{3} \cdot R_h} = \frac{U_\phi}{R_h}, A$$

Случаи двухфазного прикосновения происходят редко и преимущественно в электроустановках до 1000 В при работах на щитах и сборках, при эксплуатации оборудования с неизолированными токоведущими частями и т.п.

### 3.3. Напряжение прикосновения

Поражение током возможно при прикосновении к заземленному корпусу электрооборудования, на которое произошло замыкание. В этом случае, когда человек касается одновременно корпуса, оказавшегося под напряжением, и земли, на которой стоит, он может оказаться под напряжением прикосновения  $U_{пр}$ .

Напряжение прикосновения – разность потенциалов между двумя точками цепи тока, которых одновременно касается человек.

Потенциалы на поверхности грунта при замыкании тока на корпус потребителя распределяются по гиперболической кривой. Напряжение прикосновения равно разности потенциалов корпуса электрооборудования и точек почвы, на которых находятся ноги человека. Чем дальше электродвигатель находится от заземления, тем под большее напряжение прикосновения человек попадает, и наоборот, чем ближе к заземлителю, тем меньше напряжение прикосновения  $U_{пр}$ . За пределами зоны растекания тока напряжение прикосновения равно напряжению на корпус оборудования относительно земли.

Силу тока  $I_h$ , протекающего через тело человека, находящегося под напряжением прикосновения, определяют по формуле:

$$I_h = \frac{I_3}{R_h} \left( R_3 - \frac{\rho}{2\pi \cdot x} \right), A,$$

где  $I_3$  – ток замыкания на корпус оборудования, А;

$R_3$  – сопротивление системы защитного заземления, Ом (сопротивление системы защитного заземления д.б.  $R_3 \leq 4$  Ом);

$\rho$  – удельное сопротивление грунта, Ом · м;

$x$  – расстояние от места стекания тока в землю до человека, м.

Из формулы видно, что чем дальше от заземлителя находится человек, тем больше будет сила тока, прошедшего через человека, и наоборот, чем ближе к заземлителю, тем она будет меньше.

На рис.3.3. показана схема прикосновения человека к заземленному оборудованию при напряжении прикосновения.

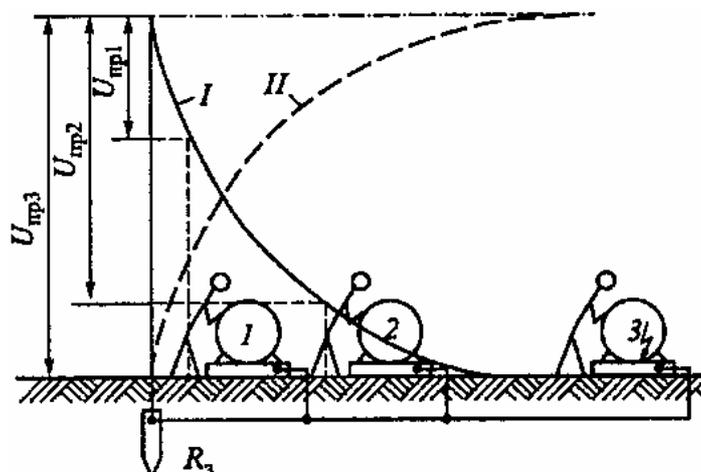


Рис.3.3. Схема распределения потенциалов при напряжении прикосновения: I – распределение потенциала на поверхности грунта в момент замыкания фазы на корпус; II – напряжение прикосновения  $U_{пр}$  при изменении расстояния от заземлителя; 1,2,3 – корпуса электродвигателей.

Напряжение прикосновения и величина тока, протекающего через организм человека при нормальном (неаварийном) режиме работы электроустановки переменного тока частотой 50 Гц, не должны превышать соответственно 2В и 0,3 мА.

Снизить напряжение прикосновения и силу тока можно за счет малого сопротивления системы защитного заземления или увеличения потенциала поверхности в зоне растекания тока на землю.

### 3.4. Напряжение шага

При наличии токопроводящих полов или грунта человек, находящийся недалеко от корпуса электрооборудования, на которое произошло замыкание тока, или упавшего на землю электропровода может оказаться под напряжением шага  $U_{ш}$ . Напряжение шага возникает вокруг места перехода тока от поврежденной электроустановки в землю.

Напряжение шага – напряжение между двумя точками цепи тока, находящимися одна от другой на расстоянии шага, на которых одновременно стоит человек.

Характер распределения потенциалов на земной поверхности подчиняется гиперболическому закону.

На расстоянии 1м от места стекания тока на землю потенциал снижается на 68%, на расстоянии 10м снижение достигает 92%, а на расстоянии 20м потенциал точек земли практически равен нулю. Такое распределение потенциалов объясняется тем, что вблизи заземлителя площадь проводника земли малая, поэтому здесь земля оказывает большое сопротивление прохождению тока, а по

закону Ома:  $I = \frac{U}{R_3}$ , А, где  $I$  – сила тока электроцепи, А;  $U$  – напряжение,

В;  $R_3$  – сопротивление (в данном случае земли), Ом;

По мере удаления от заземлителя сечение проводника – земли увеличивается, сопротивление его уменьшается, следовательно, и падение напряжения уменьшается. На расстоянии более 20м от места замыкания тока земля практически не оказывает сопротивления прохождению тока.

Человек, находясь в зоне растекания тока, даже не прикасаясь к поврежденному оборудованию, может попасть под высокое напряжение.

Это происходит потому, что различные точки земли, которых касаются ноги человека, имеют различные потенциалы. Например, левая нога отстоящая от заземлителя на расстоянии  $x$ , приобретает потенциал  $\xi_x$ , величину которого определяют по формуле:

$$\xi_x = \frac{I_3 \cdot \rho}{2\pi \cdot x}, B,$$

где  $I_3$  - ток замыкания на землю, А;

$\rho$  - удельное сопротивление грунта, Ом · м;

Правая нога соответственно приобретает потенциал  $\xi_{x+a}$ , определяемый выражением:

$$\xi_{x+a} = \frac{I_3 \cdot \rho}{2\pi \cdot (x + a)}, B,$$

где  $a$  – ширина шага, м.

Разность потенциалов, под которой могут оказаться ноги человека, называют напряжением шага:

$$U_{ш} = \xi_x - \xi_{x+a}, B$$

Отсюда определяют напряжение шага:

$$U_{ш} = \frac{I_3 \cdot \rho}{2\pi} \cdot \frac{a}{(x + a)}, B$$

Из равенства следует, что напряжение шага зависит от тока замыкания, ширины шага, расстояния от человека до места замыкания тока на землю, а также от удельного сопротивления грунта. По мере удаления от места замыкания напряжение шага становится меньше.

Силу тока, проходящего через человека, попавшего под напряжение шага, определяют по формуле:

$$I_h = \frac{I_3 \cdot \rho}{2\pi \cdot R_h} \cdot \frac{a}{x(x + a)}, A,$$

где  $R_h$  – сопротивление человека воздействию электрического тока, Ом.

Максимальное значение  $I_h$  будет, когда человек одной ногой стоит на участке земли в точке замыкания тока на землю, а другой – на расстоянии шага от этой точки. Минимальное значение  $I_h$  соответствует случаю, когда человек сто-

ит на точках с одинаковыми потенциалами, тесно сомкнув ноги. В этом случае  $I_h=0$ .

Напряжение шага является причиной частой гибели людей и крупных животных (коров, лошадей). При обнаружении соединения с землей какой-либо токоведущей части установки запрещается приближение к месту повреждения на расстояние ближе 4м в помещениях и ближе 20м – на открытых площадях.

Необходимо отметить, что характер зависимости напряжения шага от расстояния между человеком и заземлителем противоположен той же зависимости напряжения прикосновения, которое увеличивается с увеличением расстояния.

Без учета дополнительных сопротивлений в электрической цепи человека максимальное напряжение шага меньше напряжения прикосновения. Однако поражение людей при воздействии напряжения шага объясняется тем, что под действием тока в ногах возникают судороги и человек падает, после чего цепь тока замыкается вдоль его тела через дыхательные органы – легкие и сердце, что приводит к параличу их деятельности.

Оказавшись в зоне напряжения шага, выходить из нее следует небольшими шагами (гусиными скользящими шагами) в сторону, противоположенную месту замыкания электрического провода на землю.

### ***3.5. Защитные меры в нормальном режиме работы электроустановки***

Электробезопасность на предприятиях должна обеспечиваться инженерно-техническими средствами отдельно или в сочетании друг с другом.

К защитным мерам работы электроустановки, работающей в нормальном режиме, относят следующие средства:

- малое напряжение;
- электрическое разделение сетей;
- изоляция токоведущих частей;
- обеспечение ориентации в электроустановках;
- недопустимость к токоведущим частям;
- блокировку;
- знаки безопасности.

Все способы и средства защиты, обеспечивающие электробезопасность, должны использоваться с учетом:

- номинального напряжения, рода и частоты тока электроустановки;
- способа электроснабжения (от стационарной сети; автономного источника питания электроэнергией);
- режима нейтрали нулевой точки источника питания электроэнергией (заземленная, изолированная нейтраль);
- виды исполнения (стационарные, передвижные, переносные);
- характеристики помещений по степени опасности поражения электрическим током;
- возможности снятия напряжения с токоведущих частей, на которых или вблизи которых должна производиться работа;

- характера возможного прикосновения человека к элементам цепи тока (однофазное или двухфазное прикосновение);
- видов работ (монтаж, наладка, испытание, эксплуатация электроустановок).

В целях уменьшения опасности поражения электрическим током используют **малые напряжения**. К группе малых напряжений относят 12, 24 и 42В. Напряжение 42В является верхним пределом малого напряжения. Применение малых напряжений резко снижает опасность поражения, особенно когда работа ведется в помещениях с повышенной опасностью, особоопасном или вне помещения. Однако и электроустановки с малым напряжением представляют опасность, особенно при двухфазном прикосновении.

Малые напряжения используют для питания электроинструмента, переносных ламп в помещениях с повышенной опасностью и особо опасных, а также светильников общего освещения обычной конструкции, если они размещены над полом на высоте менее 2,5м и имеют в качестве источников света лампы накаливания.

Источниками малого напряжения могут быть специальные понижающие трансформаторы с вторичным напряжением 12...36 В. В понижающих трансформаторах, чтобы обеспечить безопасность при переходе напряжения сети из первичной обмотки (со стороны высшего напряжения) во вторичную (со стороны низшего напряжения), последнюю заземляют.

Практически все производственные помещения предприятий относят к группе повышенной опасности, поэтому в них в качестве малого напряжения используют 24В.

Электрическое разделение сетей – это разделения сети на отдельные, не связанные между собой участки. Для этого применяют разделительные трансформаторы, которые исключают обстоятельства, повышающие вероятность электропоражения. Электрическое разделение сети изолирует электроприемники от общей сети, тем самым предотвращают воздействие на них возникающих в сети токов утечки, емкостных проводимостей, замыканий на землю, последствий повреждения изоляции.

Разделяющие трансформаторы должны удовлетворять специальным техническим условиям:

- от разделяющего трансформатора разрешается питать только группу электроприемников с номинальным током плавкой вставки или расцепителя автомата на первичной стороне не более 15А;
- заземление вторичной обмотки разделяющего трансформатора не допускается;
- корпус трансформатора в зависимости от режима нейтрали сети, питающей первичную обмотку, должен быть заземлен или занулен. Заземление корпуса электроприемников, присоединенных к такому трансформатору не требуется.

Состояние **изоляции** токоведущих частей в значительной мере определяет степень безопасности эксплуатации электроустановок.

Состояние изоляции электропроводов характеризуют тремя параметрами: электрической прочностью, электрическим сопротивлением и диэлектрическим потерями.

Электрическую прочность изоляции определяют испытанием на пробой повышенным напряжением, электрическое сопротивление – измерением, а диэлектрические потери – специальными исследованиями.

По правилам устройства электроустановок допустимое сопротивление изоляции между фазными проводами и землей, а также между проводами разных фаз составляет 0,5 МОм (500000 Ом).

Контроль за состоянием изоляции электропроводов проводят не реже одного раза в три года; профилактические испытания изоляции осуществляют в сроки, установленные ответственным за электрохозяйство на предприятии.

Измерение сопротивления изоляции осуществляют мегомметром на отключенной от напряжения электроустановке.

По исполнению изоляция бывает рабочая, дополнительная, двойная и усиленная. Рабочая изоляция токоведущих частей электроустановки обеспечивает защиту от поражения электрическим током. Изоляцию, применяемой дополнительно к рабочей, называют дополнительной. Сочетание рабочей и дополнительной изоляции называют двойной изоляцией. Например, в переносных лампах и ручном электроинструменте применяют двойную изоляцию, состоящую из рабочей изоляции токоведущих частей и дополнительной в виде корпуса, изготовленного из пластмассы, армированной для жесткости. Усиленная изоляция представляет улучшенную рабочую изоляцию, которая обеспечивает такую же степень защиты от поражения электрическим током, как и двойная изоляция.

Ориентацию в электроустановках обеспечивают маркировкой и отличительной окраской токоведущих частей.

Применительно к сетям переменного тока, используемым для электрообеспечения жилых и общественных зданий, а также промышленных предприятий, буквенные обозначения имеют определенный смысл.

Первая буква характеризует режим нейтрали вторичной обмотки питающего трансформатора:

**T** – глухозаземленная нейтраль;

**I** – изолированная нейтраль.

Вторая буква показывает характер заземления конструктивных металлических корпусов электрооборудования:

**T** – защитное заземление;

**N** – зануление.

Если имеются последующие буквы, они показывают устройство нулевого рабочего и нулевого защитного проводников:

**S** – нулевой рабочий и нулевой защитный проводники работают отдельно по всей сети;

**C** – нулевой рабочий и нулевой защитный проводники объединены по всей сети;

**C – S** - нулевой рабочий и нулевой защитный проводники объединены в части сети.

Нулевым защитным проводником в электроустановках является проводник, соединяющий зануляемые конструктивные металлические части оборудования с глухозаземленной нейтральной точкой источника тока.

Нулевой рабочий проводник также соединен с глухозаземленной нейтральной точкой источника тока, но предназначен для питания током электроприемников, т.е. он является частью цепи рабочего тока и по нему проходит рабочий ток.

Нулевой рабочий проводник должен иметь изоляцию фазных проводников; сечение его должно быть рассчитано, как для фазных проводников, на длительное прохождение рабочего тока.

Нулевой рабочий проводник разрешается использовать одновременно и как нулевой защитный, за исключением приемников однофазного и постоянного тока. В этом случае нулевой рабочий проводник должен удовлетворять требованиям, предъявляемым к нулевым рабочим и защитным проводникам.

В нулевом рабочем проводнике, если его не используют одновременно как нулевой защитный, допускается ставить предохранители.

В соответствии с правилами устройства электроустановок приняты следующие обозначения:

**N** – нулевой рабочий проводник;

**PE** – нулевой защитный проводник;

**PEN** – совмещенный нулевой рабочий и нулевой защитный проводник;

Фазные провода обозначают латинской буквой **L** (**L<sub>1</sub>**; **L<sub>2</sub>**; **L<sub>3</sub>** – фазы трехфазной сети).

Например, электрическую сеть типа **TN-C-S** надо расшифровать таким образом: источник питания сети имеет глухозаземленную нейтраль (**T**); характер защиты сети – зануление (**N**); функции нулевого рабочего и нулевого защитного проводников объединены в одном проводнике в части сети (**C-S**).

В соответствии с требованиями ГОСТ Р 50571. 2-94 «Электроустановки зданий» и ПУЭ наружная электропроводка к отдельно стоящим зданиям должна выполняться однофазной двухпроводной (**L, N**) и трехфазной четырехпроводной (**L<sub>1</sub>**; **L<sub>2</sub>**; **L<sub>3</sub>**, **N**) сетью, а внутренняя электропроводка должна быть однофазной трехпроводной (**L, N, PE**) или трехфазной пятипроводной (**L<sub>1</sub>**; **L<sub>2</sub>**; **L<sub>3</sub>**, **N, PE**).

Ориентация в электроустановках обеспечивается отличительной окраской.

Электропроводка должна обеспечивать возможность легкого распознавания проводников по всей длине сети. Используют:

- **голубой цвет** для обозначения нулевого рабочего проводника;
- **зелено-желтый цвет** для обозначения нулевого защитного проводника;
- **зелено-желтый цвет с голубыми метками** на концах линии для обозначения совмещенного нулевого рабочего и защитного проводников;
- **черный, коричневый, красный, фиолетовый, серый, розовый, белый, оранжевый** для обозначения фазных проводников.

Указанная расцветка проводов (жил кабеля) соответствует международным стандартам и введена для предотвращения ошибочного подключения к корпусу электроприемника фазного проводника вместо нулевого защитного.

Недоступность токоведущих частей электроустановок осуществляют ограждением и расположением их на недоступной высоте.

Ограждения выполняют из сплошных металлических листов или сеток с размером ячеек не более 25×25 см. Распределительные щиты, щиты управления, релейные щиты, пульты должны иметь ограждения не менее 1,7 м на расстоянии 10 см от токоведущих частей. Наименьшая высота расположения токоведущих проводов в производственных помещениях над уровнем пола или площадки обслуживания должна быть  $\geq 3,5$  м.

Провода воздушных линий электропередачи на территории предприятий и в населенной местности должны располагаться над недосыгаемой высоте – от 6 м и выше.

На многих электроустановках недоступность токоведущих частей достигают применением различного вида блокировок.

Например, применяют электромагнитную блокировку между разъединителями и выключателями. Она устраняет возможность отключения разъединителя при наличии токов нагрузки в отключенной цепи. Отсутствие такой блокировки может явиться причиной образования электрической дуги при резком отключении рубильника. Воздействие электрической дуги на организм человека, как правило, приводит к летальному исходу. На рис.3.5. приведена схема электромагнитной блокировки.

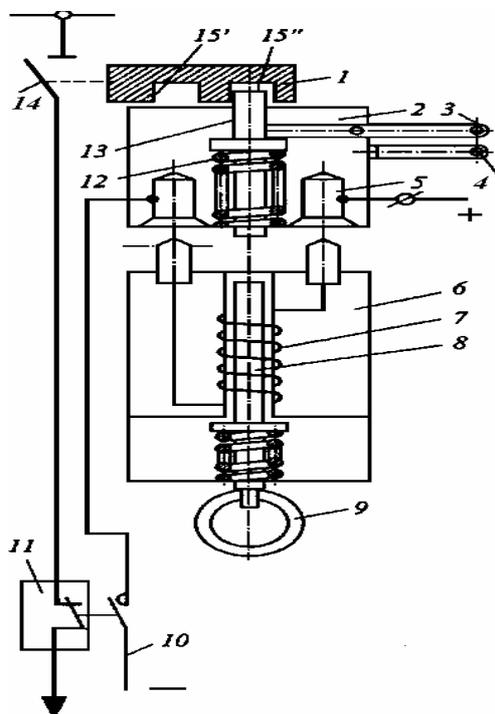


Рис. 3.5. Схема электромагнитной блокировки

- 1 – привод, 2 – замок, 3 – штифт, 4 – ушко, 5 – контактные гнезда,  
 6 – ключ, 7 – электромагнит, 8 – намагничивающий стержень,  
 9 – кольцо, 10 – блок-контакт, 11 – линейный выключатель, 12 – пружина,  
 13 – стальной стержень, 14 – шинный разъединитель, 15' и 15'' – отверстия.

Электромагнитная блокировка состоит из замка, укрепленного на приводе шинного разъединителя, и электромагнитного ключа. Основной частью замка является стальной стержень, с помощью которого привод шинного разъединителя запирается, либо во включенном положении, если стержень входит в отверстие 15', либо в отключенном, если стержень входит в отверстие 15''.

Рабочей частью электромагнитного ключа является электромагнит, с помощью которого стержень вытягивается из отверстий. Цепь выпрямленного оперативного тока на обмотку электромагнита замыкается через блок-контакт, положение которого зависит от того, включен или отключен линейный выключатель.

Рассмотрим работу электромагнитной блокировки в случае переключения, например, линии электропередачи, работающей от одиночной системы сборных шин через один шинный разъединитель.

Когда линия включена в работу, шинный разъединитель находится под нагрузкой и его отключать без блокировки категорически запрещено, так как при отключении образуется электрическая дуга.

Замок электромагнитной блокировки запирает привод разъединителя во включенном положении стальным стержнем, который под действием пружины входит в отверстие. На контактных гнездах замка напряжение оперативного тока отсутствует, так как при включенном линейном выключателе цепь этого тока разомкнута блок контактом.

Когда же линия выведена из работы и выключатель отключен, разъединитель не находится под нагрузкой и его можно отключить. При отключенном выключателе его блок-контакт замкнут, и оперативный ток подается к контактными гнездам. Вставив в эти гнезда ключ, с помощью намагнитившегося стержня вытягивают стержень из замка привода разъединителя за кольцо. Разъединитель отключают. Привод разъединителя при этом занимает положение, при котором его можно вновь запереть стержнем, но уже во второе отверстие. Теперь разъединитель нельзя включать. Он будет находиться в отключенном положении до тех пор, пока его замок не будет открыт, что можно сделать только ключом блокировки при отключенном выключателе.

Для отключения разъединителя без ключа при авариях и неисправностях блокировки служит штифт ручного открывания замка, запломбированного за ушко.

Для предупреждения об опасности служат **предупредительные плакаты**. В соответствии с назначением их разделяют на четыре группы: предостерегающие, запрещающие, разрешающие и напоминающие.

### ***3.6. Защитные меры в аварийном состоянии электроустановки и их расчет***

Средствами защиты человека от поражения электрическим током при аварийном режиме электроустановки являются:

- защитное заземление;
- зануление;
- защитное отключение;
- выравнивание потенциалов.

Цель защитного заземления заключается в устранении опасности поражения током в случае прикосновения к конструктивным токоведущим металлическим частям электроустановки, оказавшимся под напряжением, путем преднамеренного электрического соединения их с землей или ее эквивалентом (рис. 3.6.).

Принцип действия защитного заземления заключается в снижении напряжения прикосновения до малого значения.

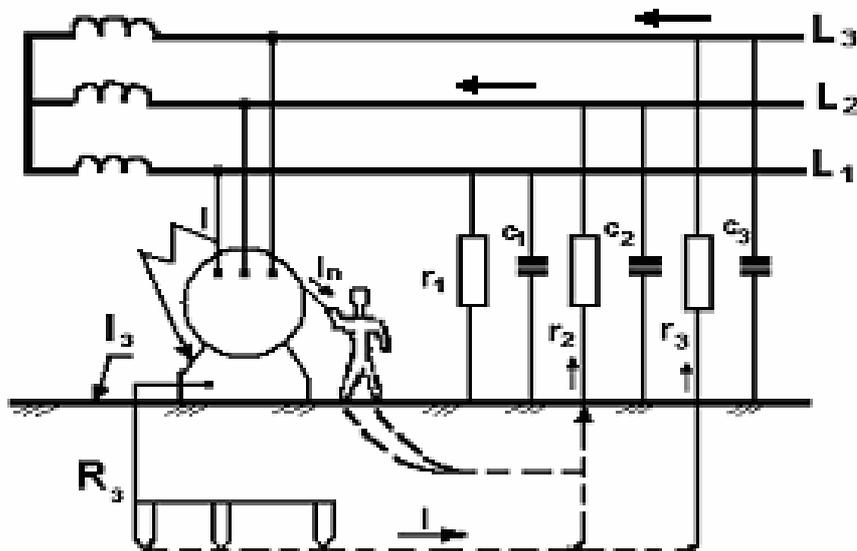


Рис. 3.6. Принципиальная схема защитного заземления

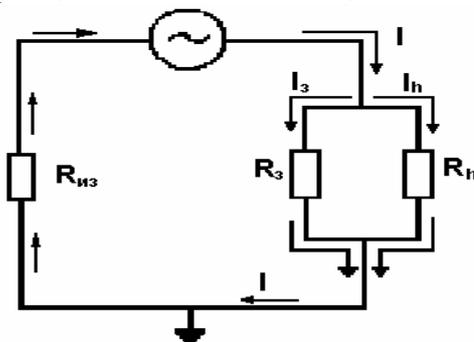


Рис. 3.7. Однофазная схема замещения защитного заземления

На рис. 3.7. показана однофазная схема замещения защитного заземления.

Из схемы цепи однофазного замыкания на корпус электродвигателя следует, что сопротивление тела человека и заземлителя параллельны. По первому закону Кирхгофа в разветвленной электрической цепи сила тока, протекающего к месту соединения нескольких сопротивлений, равна сумме токов, уходящих из него. Для уменьшения тока, проходящего через тело человека, сопротивление заземлителя  $R_3$  должно иметь минимальное значение – его величина не должна превышать 4 Ом. Поэтому ток замыкания  $I_3$  в основном пойдет по цепи системы заземления  $R_3$ . Сила тока  $I_h$ , проходящего через тело человека, в этом случае определяется по формуле:

$$I_h = \frac{I_3 \cdot R_3}{R_h}, A,$$

где  $I_3$  – ток замыкания на землю, А;

$R_3$  – сопротивление системы заземления, Ом;

$R_h$  – сопротивление электрическому току человека, Ом.

Расчетный ток замыкания на землю определяют по формуле:

$$I_3 = \frac{U_{л} (35 l_{к} + l_{в})}{350}, \text{ А},$$

где  $U_{л}$  – линейное напряжение сети кВ;

$l_{к}, l_{в}$  – общая длина электрически связанных соответственно кабельных и воздушных линий, км

За счет увеличения проводимости участка цепи напряжение на нем уменьшается, поэтому при пробое изоляции корпус оборудования относительно земли оказывается под меньшим напряжением, соответственно под меньшим напряжением будет находиться человек.

Если корпус электрооборудования заземлен, то ток, проходящий через человека, прикоснувшегося к нему, можно определить по формуле:

$$I_h = \frac{U_{\phi}}{R_h + \left[ \frac{R_{из}}{3} \cdot \left( \frac{R_h + R_{из}}{R_3} \right) \right]}, \text{ А},$$

где  $U_{\phi}$  – фазное напряжение, кВ;

$R_{из}$  – сопротивление изоляции электропроводов, Ом;

$R_h$  – сопротивление человека, Ом.

$R_3$  – сопротивление системы защитного заземления, Ом;

Максимально допустимое напряжение прикосновения ( $U_{np}$ ) и сила тока ( $I_h$ ) на заземленном оборудовании не должна превышать в соответственно 2В и 0,3 мА.

Целью расчета защитного заземления является определение конструктивных параметров заземляющей установки, обеспечивающих минимальное значение результирующего сопротивления всей системы заземления.

Расчетные формулы:

1. Сопротивление растеканию эл. тока одного электрода (заземлителя):

$$R_{э.л.} = \frac{\rho}{2 \pi \cdot l} \cdot \left( \ln \frac{2l}{d} + 0,5 \ln \frac{4t + l}{4t - l} \right), \text{ Ом},$$

где  $\rho$  – удельное сопротивление грунта, Ом · м;

$l$  – длина электрода (заземлителя), м

$d$  – диаметр электрода, м;

$t$  – расстояние от поверхности земли до половины длины электрода, м;

2. Необходимое количество электродов (заземлителей)

$$n = \frac{R_{эл} \cdot \kappa_c}{R_3 \cdot \eta_{эл}},$$

где  $R_{эл}$  – расчетное сопротивление электрода (заземлителя);

$\kappa_c$  – коэффициент сезонности;

$R_3$  – допустимое сопротивление заземляющего устройства;

$\eta_{эл}$  – коэффициент использования электродов (0,7-0,8)

3. Длина соединительной полосы  $L_n$ , м

$$L_n = (n - 1) \cdot a + 0,14, \text{ м},$$

где  $n$  – расчетное количество электродов;

$a$  – расстояние между электродами ( $a=2l$ )

4. Сопротивление растеканию эл. тока соединительной полосы.

$$R_{пол} = \frac{\rho}{2\pi \cdot L_n} \cdot \ln \frac{2L_n^2}{b \cdot h}, \text{ Ом},$$

где  $\rho$  – удельное сопротивление грунта, Ом · м;

$L_n$  – длина соединительной полосы, м;

$b$  – ширина соединительной полосы, м;

$h$  – заглубление соединительной полосы, м.

5. Результирующее сопротивление ( $R_{рез}$ ) системы защитного заземления, состоящей из расчетного количества электродов и соединяющей их полосы:

$$R_{рез} = \frac{R_{эл} \cdot \eta_{пол} + R_{пол} \cdot \eta_{эл} \cdot n}{R_{эл} + R_{пол} \cdot n}, \text{ Ом},$$

где  $R_{эл}$  – расчетное сопротивление электрода, Ом;

$R_{пол}$  – расчетное сопротивление соединительной полосы;

$\eta_{пол}$ ,  $\eta_{эл}$  – коэффициенты использования соответственно соединительной полосы и электродов;

$n$  – расчетное количество электродов.

Результирующее сопротивление должно удовлетворять следующему требованию:  $R_{рез} \leq R_{дон} = 4 \text{ Ом}$ .

Для заземлений электроустановок различных назначений и различных напряжений следует применять один общий заземляющий контур.

В соответствии с требованиями ГОСТ Р50571.3 – 94 «Электроустановки зданий» и «Правил устройства электроустановок» в электрических сетях типа TN – C – S для предотвращения электротравматизма при эксплуатации электрооборудования, конструктивные нетоковедущие металлические части которого оказались под напряжением вследствие замыкания тока на корпус, а также при других аварийных режимах сети, применяют зануление. (рис. 3.8.)

Физическая сущность **зануления** заключается в возникновении тока короткого замыкания между нулевым проводом и поврежденной фазой. Ток короткого замыкания может достигать сотен ампер, в результате плавкая вставка расплавляется или отключается тепловое реле и система отключается.

Нулевым защитным проводником называют проводник, соединяющий зануляемые части с глухозаземленной нейтральной точкой источника тока.

Основное требование безопасности к занулению заключается в уменьшении длительности отключения замыкания. Оно должно быть не более долей секунды.

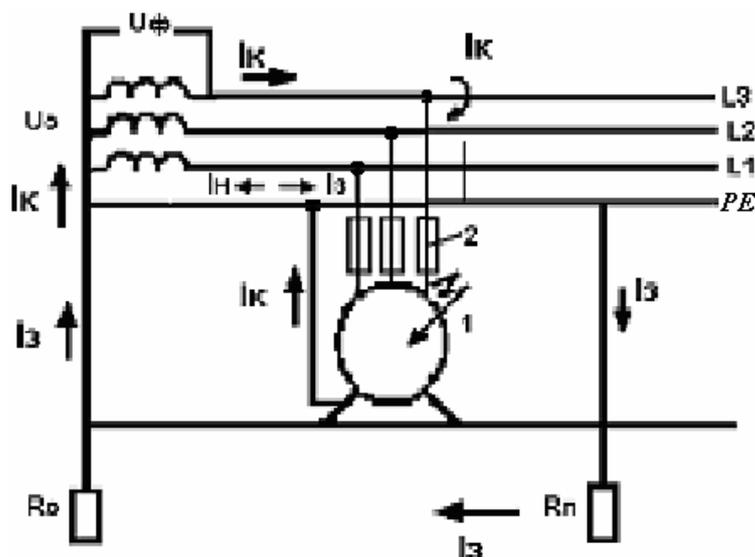


Рис. 3.8. Принципиальная схема зануления

- 1 – корпус электроприемника; 2 – аппараты защиты;  
 $R_0$  – сопротивление заземления нейтрали источника тока;  
 $R_{П}$  – сопротивление повторного заземления нулевого защитного проводника;  
 $I_H$  – часть тока короткого замыкания, протекающая через нулевой проводник;  
 $I_K$  – ток короткого замыкания;  
 $I_3$  – часть тока короткого замыкания, протекающая через землю.

Так как время срабатывания плавких вставок предохранителей и тепловых расцепителей автоматов обратно пропорционально току, то малое время срабатывания возможно при большом токе. Каждый отключающий аппарат имеет свою заводскую токовременную характеристику. Так, предохранитель срабатывает за 0,1с, если ток короткого замыкания превысит его уставку (значение входной величины тока) в 10 раз и за 0,2с – в 3 раза. Время отключения предохранителя резко возрастает до 9-10с при небольшом токе короткого замыкания (в 1,3 раза). По условиям безопасности такая система зануления недопустима.

Для надежного и быстрого отключения электроустановки, находящейся в аварийном состоянии необходимо, чтобы ток короткого замыкания ( $I_{к.з.}$ ) превосходит ток установившегося отключающего аппарата по условию:

$$I_{к.з.} \geq \kappa I_{ном} ,$$

где  $I_{ном}$  – номинальный ток плавкой вставки или уставки автомата, А;  
 $\kappa$  – коэффициент, означающий кратность тока короткого замыкания относительно тока уставки.

Коэффициент кратности тока короткого замыкания в помещениях с нормальными условиями окружающей среды при защите предохранителями или автоматами с тепловым расцепителем должен быть  $\kappa \geq 3$ ; для автоматов с электромагнитным расцепителем -  $\kappa \geq 1,4$ ; для прочих автоматов -  $\kappa \geq 1,25$ .

Во взрывоопасных помещениях в расчете системы зануления принимают значение  $\kappa \geq 4$  при защите предохранителями и  $\kappa \geq 6$  при защите автоматами.

Из рис. 3.8. видно, что схема зануления требует наличия в сети нулевого защитного проводника (PE), глухого заземления нейтрали источника тока и повторного заземления нулевого проводника.

Нулевой защитный проводник в схеме обеспечивает необходимое для отключения электроустановки значение тока однофазного короткого замыкания путем создания для него цепи с малым сопротивлением.

Заземление нейтрали в сети до 1000 В снижает напряжение зануленных корпусов электрооборудования и нулевого защитного проводника относительно земли до малого значения при замыкании фазы на землю.

Повторное заземление нулевого защитного проводника практически не влияет на отключающую способность схемы зануления.

Однако при отсутствии повторного заземления нулевого защитного проводника возникает опасность для людей, прикасающихся к зануленному оборудованию, в период пока существует замыкание фазы на корпус. Кроме того, в случае обрыва нулевого защитного проводника эта опасность повышается поскольку напряжение относительно земли других подключенных в этот участок сети зануленных корпусов электродвигателей может достигать фазного напряжения. Повторное заземление нулевого защитного проводника значительно уменьшает опасность поражения током, но не может устранить ее полностью.

Расчет на отключающую способность заключается в определении значения сопротивления и сечения нулевого провода, при котором будет обеспечена защита электроустановки при коротком замыкании, а также технических данных предохранителя или автоматического выключателя.

Исходные данные расчета:

1. Сумма номинальных токов одновременно работающих двигателей ( $I_{\text{ном}}$ , А), определяют по паспортным данным
2. Номинальный ток электродвигателя с наибольшим по сравнению с другими двигателями значением ( $I_{\text{ном. дв.}}$ , А)
3. Напряжение сети (220/127; 380/220; 660/380 В)
4. Тип трансформатора по соединению обмоток, мощность его и сопротивление обмоток ( $Z_{\text{T/3}}$ , Ом) определяют по табл. 3.1.

Таблица 3.1.

Мощность трансформатора, кВА	Схема соединения обмоток	$Z_{\text{T/3}}$ , Ом
160	$\Delta/Y$	0,055
180	$Y/Y$	0,151
250	$\Delta/Y$	0,0354
320	$Y/Y$	0,0847
400	$\Delta/Y$	0,022
560	$Y/Y$	0,0434
630	$Y/Y$	0,0140
750	$Y/Y$	0,0364
1000	$\Delta/Y$	0,009

5. Коэффициент, зависящий от условий работы двигателя  $n$

Для электродвигателей с нормальными условиями работы – редкие пуски, продолжительность разбега 5,0 – 10с  $n=2,5$

Для двигателей с тяжелыми условиями работы – частные пуски, продолжительность разбега до 40с  $n=1,6-2,0$

6. L – длина проводников линии, от источника до потребителя, м.
7. D – расстояние между нулевым и фазным проводниками, м
8.  $S_{\phi}$  – сечение фазных проводов  $\text{мм}^2$ , определяют по сумме номинальных токов одновременно работающих двигателей  $I_{\text{НОМ}}$ . (табл. 3.2.)

Таблица 3.2.

Токовые нагрузки на провода, $I_{\text{НОМ}}$ , А	Сечение токопроводящей жилы, $S_{\phi}$ , $\text{мм}^2$
24	2,5
32	4,0
39	6,0
60	10
75	16
105	25
130	35
165	50
210	70
255	95

Переменные величины:

1. Коэффициент кратности номинального тока «к», зависящий от типа выключателя
2. Коэффициент кратности «m», при расчете пускового тока ( $I_{\text{пуск}}$ )  $m = 4; 5; 6$
3. Удельное сопротивление материала проводника  $\frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$

Удельное сопротивление меди  $\rho = 0,018 \frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$ ; алюминия  $\rho = 0,028 \frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$

4. Сечение нулевого защитного провода  $S_{\text{н}}$ ,  $\text{мм}^2$   
 $S_{\text{н}} = 1,3; 2; 3; 5; 8; 13; 18; 25; 36; 48 \text{ мм}^2$

Расчетные формулы:

1. Условие обеспечения защиты при коротком замыкании определяют по выражению:

$$I_{\text{к.з.}} \geq k \cdot I_{\text{н.в.}}$$

где  $I_{\text{к.з.}}$  – ток короткого замыкания, А;

$k$  – коэффициент кратности номинального тока выключателя;

$I_{\text{н.в.}}$  – номинальный ток выключателя, при котором он может работать долгое время, не перегреваясь выше установленной температуры, А

2. Пусковой ток ( $I_{\text{пуск}}$ ) электроустановки рассчитывают так, чтобы номинальный ток выключателя ( $I_{\text{н.в.}}$ ) не срабатывал при пусковых токах электроустановки

$$I_{\text{пуск}} = I_{\text{ном.дв.}} \cdot m, \text{ А},$$

где  $I_{\text{ном.дв.}}$  – рабочий ток двигателя (определяют по паспорту), А;

$m$  – коэффициент кратности, величина которого при пуске под нагрузкой составляет  $m = 5-6$ ; без нагрузки -  $m = 4 - 5$

3. Номинальный ток выключателя устанавливают с учетом кратковременности пускового режима:

$$I_{н.в.} = \frac{I_{пуск}}{n}, A,$$

где  $I_{пуск}$  – пусковой ток электродвигателя, А

$n$  – коэффициент, зависящий от условий работы двигателя.

При выборе плавкой вставки или автоматического выключателя для группы электродвигателей с короткозамкнутым ротором номинальный выключатель находят по формуле:

$$I_{н.в.} \geq 0,4 \left[ \sum I_{ном} + (I_{пуск} - I_{ном.дв.}) \right] A,$$

где  $\sum I_{ном.}$  – сумма номинальных токов одновременно работающих двигателей, А;

$(I_{пуск} - I_{ном.дв.})$  – разность между пусковым и номинальным токами для двигателя, у которого они наибольшие, А.

По расчетной величине номинального тока выключателя  $I_{н.в.}$  и напряжению сети переменного тока по табл. 3.3. и табл. 3.4. определяют соответственно технические характеристики предохранителей и автоматических выключателей.

Таблица 3.3.

Исполнение и назначение предохранителей	Тип	Напряжение сети переменного тока, В	Ток патрона, А	Номинальный ток плавкой вставки $I_{н.в.}$ , А
Быстродействующий предохранитель, патрон с наполнителем	МПБ5-660/100	660	100	63; 100
	МПБ5-660/250	660	250	160; 250
	МПБ5-380/630	380	630	500; 630
	МПБ5-380/400	380	400	315; 400
	МПБ5-380/250	380	250	160; 250
	МПБ5-380/100	380	100	40; 63
	МПБ5-220/100	220	100	25; 40; 63
Предохранитель с патроном и наполнителем	ПД-1; ПДС-1	380	6	1; 2; 4; 6
	ПД-2; ПДС-2	380	20	10; 15; 20
	ПД-3; ПДС-3	380	60	25; 35; 60
	ПД-4; ПДС-4	380	125	80; 100; 125
	ПД-5; ПДС-5	380	225	160; 200; 225;
	ПД-6; ПДС-6	380	350	260; 300; 350
	ПД-7;	380	600	430; 500; 600
Предохранители с закрытым патроном и наполнителем	ПН2-100	380; 220	100	30; 40; 50 60; 80; 100
	ПН2-250	380; 220	250	80; 100; 120 150; 200; 250
	ПН2-400	380; 220	400	200; 250; 300 380; 400

	ПН2-600	380; 220	600	300; 400; 500 600
--	---------	----------	-----	----------------------

Таблица 3.4.

Тип выключателя	Степень защиты выключателя	Номинальный ток выключателя $I_{н.в.}$ , А
АЕ – 2010	IP20	2,0 – 6,0
	IP54	8,0 – 10
АЕ – 2030	IP00	2,0 – 12,5
	IP54	2,0 – 4,0
АЕ – 2040	IP00	5,0 – 12,5
	IP54	16 – 25
АЕ – 2050	IP00	10 – 12,5
	IP54	16 – 25
	IP20	32 – 63
	IP54	32 – 63
	IP00	16 – 25
	IP20	32 – 40
		50 – 100
	IP54	16 – 25
		32 – 100

4. В режиме короткого замыкания, (при замыкании на корпус) по нулевому проводу и через отключающий элемент выключателя протекает ток, величина которого определяется величиной фазного напряжения  $U_\phi$  и сопротивлением цепи, включающей комплексное сопротивление обмоток питающего трансформатора ( $Z_{m/3}$ ) и проводников цепи фаза – ноль ( $Z_n$ )

$$I_{к.з.} = \frac{U_\phi}{Z_{T/3} + Z_n}, \text{ А}$$

5. Полное сопротивление проводников петли фаза-ноль ( $Z_n$ ) в действительной форме (модуле) равно:

$$Z_n = \sqrt{(R_\phi + R_N)^2 + (x_\phi + x_N + x_{\phi N})^2}, \text{ Ом},$$

где  $R_\phi$  и  $R_N$  – активное сопротивление фазного и нулевого защитного проводников;

$x_\phi$  и  $x_N$  – внутренние индуктивные сопротивления фазного и нулевого проводников, Ом,

$x_{\phi N}$  – внешнее индуктивное сопротивление проводников петли фаза-ноль, Ом.

6. Активное сопротивление фазного проводника определяют по формуле:

$$R_{\phi} = \rho \frac{l_{\phi}}{S_{\phi}}, \text{ Ом},$$

где  $\rho$  - удельное сопротивление материала проводника,  $\frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$

$l_{\phi}$  - длина фазного провода, м<sup>2</sup>;

$S_{\phi}$  - сечение фазного провода, мм<sup>2</sup>, принимают по токовым нагрузкам  $I_{\text{ном}}$ , А.

7. Активное сопротивление нулевого защитного проводника определяют по формуле:

$$R_N = \rho \frac{l_N}{S_N}, \text{ Ом},$$

где  $l_N$  - длина защитного нулевого провода, м;  $l_N = l_{\phi}$

$S_N$  - сечение защитного нулевого провода, мм<sup>2</sup> (принимают  $S_N = 0,5 S_{\phi}$ )

Наибольшая допустимая величина сопротивления нулевого провода ( $R_N$ ) не должна превышать удвоенного сопротивления фазного провода ( $R_{\phi}$ ):

$$R_N \leq 2R_{\phi}$$

8. Внутренние индуктивные сопротивления фазного и нулевого проводников ( $x_{\phi}$  и  $x_n$ ) для медных и алюминиевых проводников равно 0,0156 Ом/км, в расчете этой величиной можно пренебречь.

9. Индуктивное сопротивление «фаза-ноль» ( $x_{\phi n}$ ) определяют по выражению:

$$x_{\phi . n .} = 0,1256 \cdot l \cdot \ln \frac{2D}{d}, \text{ Ом},$$

где  $l$  - длина проводников линии, равная расстоянию от источника тока до рассматриваемого потребителя, м;

$d$  - диаметр проводников, принимаемый по сечению фазного проводника, м;

$D$  - расстояние между нулевым и фазным проводниками, м. Принимают в расчете  $D = 0,6-0,7\text{м}$ :

В расчете зануления предприятий можно принять  $x_{\phi N} = 0,6 \text{ Ом/км}$ .

10. Согласно требованиям ПУЭ ток короткого замыкания ( $I_{к.з.}$ ) должен превышать номинальный ток выключателя ( $I_{н.в.}$ ) с учетом его коэффициента кратности. Если это требование не выполняется, необходимо осуществлять следующие мероприятия:

- заменить выбранный выключатель на более чувствительный;
- увеличить сечение нулевого проводника;
- уменьшить удельное сопротивление материала нулевого провода.

### Результаты расчета:

1. Номинальный ток выключателя ( $I_{н.в.}$ ), А.

2. Ток короткого замыкания ( $I_{к.з.}$ ), А:  $I_{к.з.} \geq 3 I_{н.в.}$

3. Тип предохранителя или автоматического выключателя, обеспечивающих защиту

4. Сечение нулевого проводника  $S_N$ , мм<sup>2</sup>

**Защитное отключение** – вид защиты от поражения током в электроустановках, обеспечивающей автоматическое отключение всех фаз аварийного участка сети. Длительность отключения поврежденного участка сети должна быть не более 0,2с.

Область применения защитного отключения: дополнение к защитному заземлению или занулению в электрифицированном инструменте; дополнение к занулению для отключения электрооборудования, удаленного от источника питания; мера защиты в передвижных электроустановках напряжением до 1000 В.

Устройством защитного отключения должны оснащаться не только указанные сооружения, но и все помещения с повышенной или особой опасностью поражения электрическим током, в том числе сауны, души, теплицы с электроподогревом.

Сущность работы защитного отключения заключается в том, что повреждение электроустановки приводит к изменениям в сети, например, при замыкании фазы на землю изменяется напряжение фаз относительно земли – значение фазного напряжения будет стремиться к величине линейного напряжения, при этом возникает напряжение между нейтралью источника и землей ( $U_0 \neq 0$ ), так называемое напряжение нулевой последовательности. Снижается общее сопротивление сети относительно земли при изменении сопротивления изоляции в сторону его уменьшения и т.д.

Принцип построения схем защитного отключения заключается в том, что перечисленные режимные изменения в сети ( $U_3; I_3; U_0; R_{uz}$ ) воспринимаются чувствительным элементом (датчиком) автоматического устройства как сигнальные входные величины. Датчик выполняет роль реле тока или реле напряжения. При определенном значении входной величины защитное отключение срабатывает и отключает электроустановку. Значение входной величины называют уставкой.

Структурная схема устройства защитного отключения (УЗО) представлена на рис.3.9.

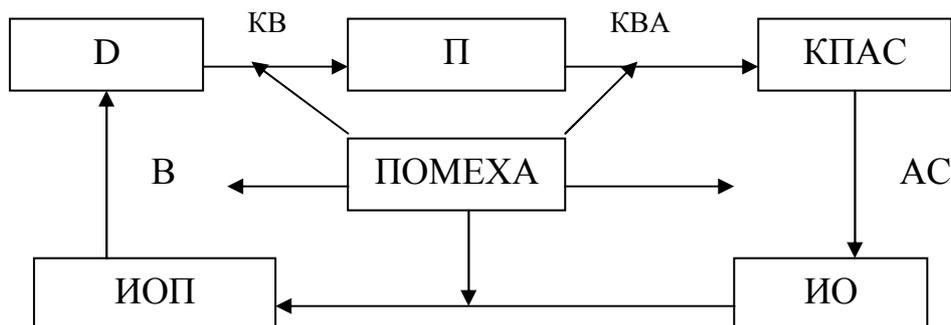


Рис. 3.9. Структурная схема устройства защитного отключения.

Д – датчик; П – преобразователь; КПАС – канал передачи аварийного сигнала; ИО – исполнительный орган; ИОП – источник опасности поражения.

Датчик (D) реагирует на изменение входной величины «В», усиливает ее до значения КВ (К – коэффициент передачи датчика) и посылает в преобразователь (П).

Преобразователь служит для преобразования усиленной входной величины в аварийный сигнал КВА. Далее канал аварийного сигнала (КПАС) передает сигнал АС, с преобразователя на исполнительный орган (ИО). Исполнительный орган осуществляет защитную функцию по устранению опасности поражения – отключает электрическую сеть.

На схеме показаны участки возможных помех, влияющие на работу УЗО.

На рис. 3.10. приведена принципиальная схема защитного отключения с помощью реле максимального тока 1. Катушка этого реле с нормально замкнутыми контактами подключается через трансформатор тока 2 или непосредственно в рассечку проводника 3, идущего к отдельному вспомогательному или общему заземлителю 4.

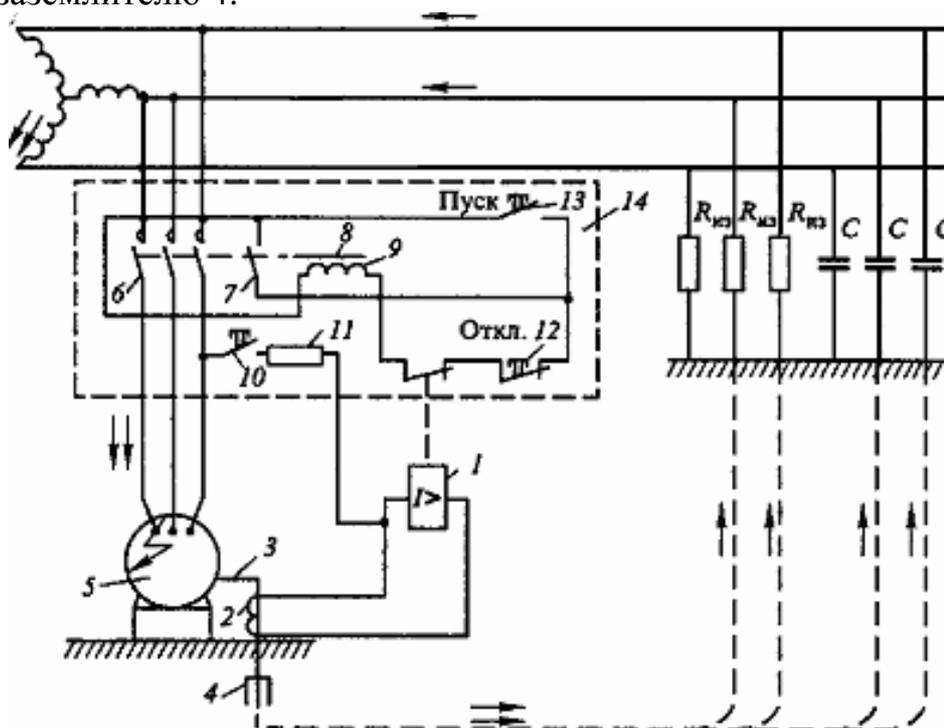


Рис. 3.10. Схема устройства защитного отключения

1 – реле максимального тока, 2 – трансформатор тока, 3 – заземляющий провод, 4 – заземлитель, 5 – электродвигатель, 6 – контакты пускателя, 7 – блок-контакт, 8 - сердечник пускателя, 9 – рабочая катушка, 10 – кнопка опробования, 11 – вспомогательное сопротивление, 12 и 13 – кнопки останова и включения, 14 – пускатель

Электродвигатель включается в работу нажатием кнопки «Пуск». При этом подается напряжение на катушку, сердечник пускателя втягивается, контакты замыкаются и включают электродвигатель в сеть. Одновременно замыкается блокконтакт, через который катушка остается под напряжением, хотя кнопка «Пуск» нормально находится в отключенном положении.

При замыкании на корпус одной из фаз образуется цепь тока: место повреждения – корпус – заземляющий провод – трансформатор тока – земля – емкость и сопротивление изоляции проводов неповрежденных фаз – источник питания – место повреждения. Если величина тока достигнет уставки срабатывания токового реле, реле сработает (т.е. его нормально замкнутый контакт ра-

зомкнется) и разорвет цепь катушки магнитного пускателя. Сердечник этой катушки освободится, и пускатель отключится.

Для проверки исправности и надежности действия защитного отключения предусмотрена кнопка, при нажатии которой устройство срабатывает. Вспомогательное сопротивление ограничивает ток замыкания до необходимой величины. Предусмотрены кнопки для включения и отключения пускателя.

Для снижения напряжения прикосновения и напряжения шага при стекании тока с электродов в землю меньше максимально возможной величины используют метод **выравнивания потенциалов** при контурном расположении электродов относительно заземляемых корпусов электрооборудования. Для этой цели стальные стержни диаметром 50...60 мм и длиной 2,5...3,0 м, из которых выполнены электроды, забивают в грунт вертикально на расстоянии друг от друга 5,0...6,0 м.

### ***3.7. Классификация производственных помещений в соответствии с требованиями Правил устройства электроустановок***

Одним из условий надежной, экономичной и безопасной работы электрооборудования является правильный его выбор по конструктивному выполнению в зависимости от условий окружающей среды.

Исполнение электрооборудования может быть открытое, защищенное, водо-защищенное, брызго-защищенное, капле-защищенное, пыленепроницаемое, обдуваемое, продуваемое, маслonaполненное.

Выбор конструктивного исполнения оборудования зависит от: микроклиматического состояния производственных помещений.

Помещения могут быть:

- сухие – относительная влажность не превышает 60%;
- влажные – относительная влажность не превышает 75%, при этом выделение паров и влаги происходит кратковременно;
- сырые – относительная влажность длительно превышает 75%;
- особо сырые – относительная влажность близка к 100% (стены, пол, потолок, оборудование покрыты влагой);
- жаркие – температура воздуха в помещении длительно превышает +30<sup>0</sup>С;
- пыльные – наличие пыли в таком количестве, что она может оседать на поверхностях оборудования, строительных элементах помещения;
- с химически активной средой – наличие паров или отложений, разрушающих изоляцию и токоведущие части электрооборудования

Условия окружающей среды могут повысить или снизить опасность поражения электрическим током.

С учетом условий производственной среды все помещения делят на три класса по степени поражения людей электрическим током. Эта классификация приведена в табл. 3.5.

Таблица 3.5.

Вид помещения	Характеристика помещения
Без повышенной опасности	Сухие, беспыльные, с нетоковедущими полами, с нормальной температурой воздуха.
С повышенной опасностью	Наличие одного из факторов, обуславливающих повышенную опасность: сырые, жаркие, наличие токопроводящих полов; возможность одновременного прикосновения человека к металлическим конструкциям здания или оборудования.
Особо опасные	Наличие одного из факторов, обуславливающих особую опасность: наличие химически агрессивной среды, разрушающей изоляцию и токоведущие части электроустановок; особая сырость; наличие двух или более факторов, характерных для помещений с повышенной опасностью

Технические и организационные меры защиты на предприятиях осуществляют в зависимости от класса помещения, напряжения и назначения электроустановки.

### ***3.8. Защита от статического электричества***

Все материалы по электрическим свойствам делят на проводники и изоляторы (диэлектрики). Если проводники способны проводить ток, то диэлектрики этой способностью не обладают. Поэтому на веществах и материалах, имеющих объемное удельное электрическое сопротивление более  $10^5$  Ом·м, при трении, дроблении, интенсивном перемешивании происходит перераспределение электронов с образованием на поверхностях соприкосновения двойного электрического тока, что является непосредственным источником возникновения статического электричества.

Искровые разряды статического электричества могут вызвать взрыв и пожар.

Особенно большую опасность представляют разряды статического электричества, образующиеся при сливе и наливе легковоспламеняющихся и горючих жидкостей свободно падающей струей.

В производственных условиях накопление зарядов статического электричества может происходить на приводных ремнях, транспортерах, при движении пылевоздушной смеси в трубопроводах, например, при транспортировке муки системами пневмо- или аэрозольтранспортом.

Заряды статического электричества могут накапливаться на людях, особенно если подошва обуви не проводит электрический ток, одежда и белье из шерсти, шелка или искусственного волокна; а также при движении по не токопроводящему полу или выполнении ручных операций с диэлектриками. Потен-

циал изолированного от земли тела человека может превышать 7кВ и достигать 45кВ. При соприкосновении человека с заземленным предметом вызывает искровой разряд. Энергия разряда этой искры может составлять 2,5 – 7,5 мДж. Кроме того, статическое электричество оказывает неблагоприятное физиологическое воздействие на человека, подобное мгновенному удару электрического тока. Ток при этом незначителен и непосредственную опасность для человека не представляет. Однако, искра, проскакивающая между телом человека и металлическим объектом, может явиться причиной производственного травматизма и даже при определенных условиях создать аварийную ситуацию.

В производствах, где существует опасность воспламенения взрывоопасных смесей разрядом с человека, необходимо обеспечить работающих электропроводящей (антистатической) обувью. Обувь считается электропроводящей, если электрическое сопротивление между электродом в форме стельки, находящимся внутри обуви, и наружным электродом меньше  $10^7$  Ом.

Покрытие пола, выполненное из бетона толщиной 3см, спецбетона, пенобетона и т.д. считается электропроводящим.

Для предупреждения возможности возникновения опасных искровых разрядов с поверхности получаемых и перерабатываемых веществ, используемых в производстве диэлектрических материалов, оборудования, а также тела человека необходимо предусматривать меры защиты от разрядов статического электричества.

Основными способами устранения опасности статического электричества являются:

- отвод зарядов путем заземления оборудования и коммуникаций; однако, заземление неэффективно, когда применяют аппараты и трубопроводы из диэлектрика или происходит в процессе технологических операций отложение на внутренней стороне стенки трубопроводов или оборудования нетокопроводящих материалов;
- добавление в электризуемые вещества антистатических добавок (графит, сажа, полигликоли и др.), позволяющих уменьшить сопротивление этих веществ;
- увеличение относительной влажности воздуха (общей или только в местах образования зарядов статического электричества) до 70-75%;
- применение антистатических веществ; наиболее важным свойством антистатических веществ является их способность увеличивать ионную проводимость и тем самым снижать электрическое сопротивление материалов;
- ионизация воздуха; сущность этого способа заключается в образовании положительных и отрицательных ионов воздуха, которые нейтрализуют заряды статического электричества;
- ограничение скорости движения твердых и жидких веществ в коммуникациях и оборудовании; заведомо безопасной скоростью движения и истечения диэлектрической жидкости является 1,2 м/с.

Практический способ устранения опасности от статического электричества выбирают с учетом эффективности и экономической целесообразности.

### 3.9. Пожарная безопасность в электроустановках и противопожарная защита

Проектирование новых или реконструкция действующих предприятий предусматривает комплексную механизацию и автоматизацию технологических процессов, что в свою очередь может привести к концентрации производственных и энергетических мощностей, в результате чего увеличивается опасность возникновения взрыва и пожара.

Для обеспечения взрывобезопасности проектируемого предприятия, производственные помещения классифицируют по взрывоопасности в соответствии с требованиями Правил устройства электроустановок (ПУЭ).

Установлено шесть классов взрывоопасных зон и помещений.

В-I, в которых выделяются горючие газы или пары легко воспламеняющихся жидкостей (ЛФЖ) в таком количестве и с такими свойствами, что они могут образовывать с воздухом взрывоопасные смеси при нормальных режимах работ.

В-I а, в которых взрывоопасные смеси горючих газов или паров ЛВЖ с воздухом могут образовываться только в случае аварий.

В-I б, аналогичны зонам класса В-Iа, но отличаются рядом особенностей, основные из которых – высокие значения нижнего концентрационного предела воспламенения образующихся газо-воздушных и паро-воздушных смесей (15% и более), а также небольшое количество взрывоопасных смесей не более 5% свободного объема помещений.

В-I г – пространства у технологических установок, содержащих горючие газы или ЛВЖ.

В-II – помещения и зоны, в которых выделяются переходящие во взвешенное состояние горючие пыли или волокна в таком количестве и с такими свойствами, что они способны образовывать с воздухом взрывоопасные смеси при нормальных режимах работы.

В-II а, в которых взрывоопасные пылевоздушные смеси могут образовываться только в случае аварий или производственных неисправностей.

Данная классификация производственных помещений необходима для правильного выбора электрооборудования, светильников и электропроводок.

Следует размещать электрооборудование таким образом, чтобы уменьшить возможность его контактов с взрывоопасной средой. Если по условиям производства добиться этого невозможно, то устанавливаемое во взрывоопасных зонах электрооборудование должно полностью соответствовать классам взрывоопасных помещений, зон и наружных установок.

В табл. 3.6 представлен выбор исполнения электрооборудования для взрывоопасных помещений.

Таблица 3.6

Класс взрывоопасности помещений по ПУЭ	Исполнение электрооборудования
В-I	Взрывонепроницаемые или продуваемые под избыточным давлением

В-II	Взрывонепроницаемые или продуваемые под избыточным давлением
В-I а	Любое взрывозащищенное, но в исполнении защищенном или брызгозащищенном
В-II а	Закрытое обдуваемое или продуваемое исполнение
В-I г	Любое взрывозащищенное исполнение, для соответствующих категорий и групп взрывоопасных смесей

При выборе конструкций машин и аппаратов учитывают степень пожарной опасности помещений, где они будут установлены. Правилами устройства электрооборудования определена классификация этих помещений.

Пожароопасными помещениями называют помещения или наружные установки, в которых применяют или хранят горючие вещества.

Пожароопасные помещения согласно ПУЭ подразделяют на следующие классы.

Помещения класса П-I. К ним относят помещения, в которых применяют или хранят горючие жидкости с температурой вспышки паров выше  $45^{\circ}\text{C}$ , например, склады масел, установок регенерации масел и т.п.

Помещения класса П-II. К ним относят помещения, в которых выделяются горючие пыль или волокна, переходящие во взвешенное состояние. Возникающая при этом опасность ограничена пожаром, но не взрывом, либо в силу физических свойств пыли или волокон (дисперсность, влажность, нижний предел взрыва составляют  $65 \text{ г/м}^3$ ), либо в силу того, что содержание их в воздухе по условиям эксплуатации не достигает взрывоопасной концентрации, например, малозапыленные помещения.

Помещения класса П-IIа. К ним относят производственные и складские помещения, содержащие твердые или волокнистые горючие вещества, причём признаки, перечисленные выше для класса П-II отсутствуют.

Установки класса П-III. К ним относят наружные установки, в которых применяют или хранят горючие жидкости с температурой вспышки паров выше  $45^{\circ}\text{C}$ , например, склады угля, дерева и т.п.

Для предотвращения при пожаре переброски огня от одного здания в другое, при проектировании и строительстве предусматривают между ними противопожарные разрывы шириной не менее 10-20 м.

Выбор конструкции электрооборудования в зависимости от пожароопасности помещения осуществляют в соответствии с его классификацией, установленной ПУЭ:

Открытое оборудование, не имеющее специальных приспособлений для предохранения от случайного прикосновения к вращающимся и токоведущим частям, а также для предотвращения попадания внутрь них посторонних тел.

Защищенное оборудование, имеющее приспособление для предохранения от случайного прикосновения к вращающимся и токоведущим частям, а также для предотвращения попадания внутрь них посторонних предметов.

Каплезащищенное оборудование, имеющее приспособления для предохранения его внутренних частей от попадания капель, попадающих отвесно.

Брызгозащищённое оборудование, имеющее приспособления для предохранения от попадания внутрь него водяных брызг, падающих под углом  $45^{\circ}$  к вертикали с любой стороны.

Закрытое оборудование, у которого внутренняя полость отделена от внешней среды оболочкой, защищающей его внутренние части, от прикосновения пыли.

Обдуваемое оборудование снабжено вентиляционным устройством для обдувания его наружной части.

Продуваемое брызгозащищенное оборудование, в котором имеется возможность охлаждения его внутренних частей воздухом.

Пыленепроницаемое оборудование, имеющее оболочку уплотненную таким образом, чтобы она не допускала проникновения внутрь тонкой пыли.

Маслонаполненное оборудование у которого все нормально искрящие части погружены в масло таким образом, что исключает возможность соприкосновения между этими частями и окружающим воздухом.

Пожарная опасность электрического тока заключается в его тепловом проявлении, которое при определенных условиях превращается в источник зажигания горючей среды. Причинами пожара электроустановок являются: короткое замыкание; токовые перегрузки электроустановок; перегрев контактов с большими переходными сопротивлениями; электрические искры и дуги, возникающие при резком разрыве сети.

**Токи короткого замыкания** возникают в результате повреждения изоляции токоведущих частей; неправильного выбора исполнения электрооборудования по условиям окружающей среды; попадания на изолированные провода металлических предметов; схлестывания проводов воздушной линии электропередач под действием ветра; а также ошибочных действий обслуживающего персонала при выполнении различных операций в электроустановках. В результате происходит перегревание и воспламенение изоляции проводов, а также расплавление их металлической токоведущей части.

Под токовыми перегрузками понимается такой режим работы электроустановки, когда в электропроводке длительное время протекает ток, превышающий допустимые величины.

Токовые перегрузки могут возникнуть в электрических сетях при включении в нее дополнительных электропотребителей. При этом возрастает мощность в сети, на которую она не рассчитана, одновременно повышается сила тока. В результате происходит перегрев и воспламенение электропроводки. Изложенное подтверждается формулами:

$$I = \frac{P_{\text{общ}} \cdot 1000}{U \cdot \cos \varphi}, A,$$

где  $P_{\text{общ}}$  – общая (суммарная) мощность, на которую рассчитана электропроводка, кВт;

$U$  – напряжение в сети, В (постоянная величина);

$\cos \varphi$  – коэффициент мощности;

$I$  – сила тока, на которую рассчитана электропроводка.

По закону Джоуля-Ленца электрический ток, преодолевая сопротивление проводника, выполняет работу, в процессе которой выделяется тепло. Свободные электроны при своем движении сталкиваются с атомами и молекулами, при этих столкновениях механическая энергия движущихся электронов переходит в тепловую. Количество тепла ( $\theta$ ), выделяемого током в проводнике, равно:

$$\theta = I^2 \cdot R \cdot \tau, \text{ Дж},$$

где  $I$  – сила тока, А;  
 $R$  – сопротивление проводника, Ом;  
 $\tau$  – время действия тока, с.

Пожарную опасность представляют переходные (контактные) сопротивления в местах некачественного соединения проводов между собой при присоединении к электрическим машинам и аппаратам. Количество тепла, выделяющееся в переходных контактах с большим сопротивлением, может быть настолько значительным, что приводит к перегреву проводов в этой зоне и воспламенению изоляции.

Для предохранения от коротких замыканий и чрезмерных перегревов в цепь включают легкоплавкие предохранители или отключающие автоматы. Выбор предохранителей и автоматов осуществляют в зависимости от площади сечения проводов. В табл. 3.7. приведены показатели допустимой силы тока при данном сечении провода и величины тока, на которые должны сработать плавкие вставки или отключающие автоматы.

Таблица 3.7.

Площадь поперечного сечения изолированных медных проводов, мм <sup>2</sup>	Наибольшая допустимая сила тока, А	Величина тока, на которую срабатывает предохранитель или автомат, А
1	11	6
1,5	14	10
2,5	20	15
4	25	20
6	31	25
10	43	35
16	75	60
25	100	80

На рис. 3.11. показаны схемы исполнения вводов изолированных питающих проводов в электродвигатели. Исполнение вводных устройств зависит от класса взрывоопасности помещения. Вводные устройства электродвигателей, устанавливаемых во взрывоопасных помещениях классов В-I, В-Ia и В-II, выполняют в стальных водо-газопроводных трубах или в гибких герметичных металлических рукавах, а в помещениях классов В-IIa, В-Iб и В-Iг – в резиноканевых рукавах.

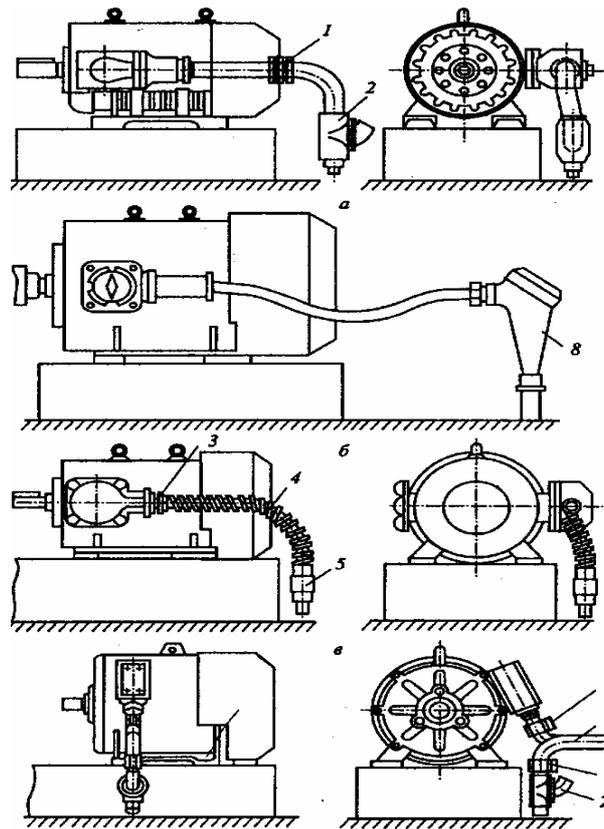


Рис.3.11. Исполнение вводов изолированных питающих проводов в электродвигатели: *а* – в стальной трубе; *б* – через переходную коробку; *в* – в гибком металлическом рукаве; *г* – в резиноканевом рукаве; 1 – разъемное соединение трубы; 2 – коробка уплотнительная ФПЗ; 3 – наконечник металлического рукава с резьбой; 4 – гибкий металлический рукав; 5 – штуцер с накидной гайкой; 6 – хомут стяжной; 7 – резиноканевый рукав; 8 – переходная коробка.

При разрыве и замыкании цепей могут возникнуть искры и электрические дуги. Предупреждение их возникновения во многом зависит от правильного выбора аппаратуры управления. В качестве элементов управления на предприятиях применяют электромагниты и автоматические выключатели типа АП с дугогасительными камерами.

Электромагнитные аппараты предназначены для пуска, останова и защиты электродвигателей от перегрузок. Основными частями магнитного пускателя являются контактор и биметаллические реле для защиты рабочей цепи от перегрева при ее перегрузке.

Работа автоматических воздушных низковольтных выключателей основана на электромагнитном принципе. При увеличении тока или уменьшении напряжения катушек автоматов против установленных номинальных величин срабатывает электромагнитный расцепитель, под действием пружины автомат выключается.

Для тушения электрооборудования и двигателей внутреннего сгорания применяют газовые средства пожаротушения – диоксид углерода (двуокись углерода), азот и продукты сгорания топлива (дымовые газы). Огнегасительное действие этих веществ сводится к понижению концентрации кислорода в зоне горения.

Двуокись углерода чаще всего применяют для тушения электрооборудования, двигателей внутреннего сгорания, а также в тех случаях, когда применение воды может вызвать повреждение аппаратуры и приборов.

В нормальных условиях двуокись углерода без цвета и запаха, тяжелее воздуха в 1,5 раза. При 0<sup>0</sup>С, давлении 3бати переходит в жидкое состояние и называется углекислотой. Из одного литра жидкой углекислоты при 0<sup>0</sup>С образуется 50бл газа. При подаче углекислоты через диффузоры происходит быстрое ее испарение и образуется углекислотный снег, который затем переходит в газообразное состояние. Эффект тушения при этом достигается за счет охлаждения зоны горения. Огнегасительная концентрация углекислого газа в воздухе составляет 30-35% по объему.

При тушении пожаров углекислотой необходимо учитывать, что при вдыхании воздуха, содержащего 10% углекислого газа, наступает паралич дыхания и смерть.

Азот не поддерживает горение и снижает концентрацию горючих газов и кислорода в зоне горения; применяется для тушения огнеопасных жидкостей.

Углекислоту и азот целесообразно применять в небольших помещениях. Они плохо тушат материалы, способные тлеть (дерево, бумажные кипы, рулоны и др.).

В последнее время широкое распространение для тушения загораний в электроустановках, находящихся под напряжением, всех видов нефтепродуктов и твердых материалов (за исключением щелочноземельных металлов), а также для тушения тлеющих очагов горения приобретают жидкие составы на основе галоидосодержащих соединений, тормозящих процесс горения. Основой этих составов является бромистый этил, обладающий способностью резко тормозить процесс горения, хорошо смачивая горящую поверхность. Огнегасительный эффект рассматриваемыми составами достигается при подаче в зону горения от 4,6 до 6,7% по объему. Наибольший объем защищаемого помещения ограничивается 3000 м<sup>3</sup>. Для подачи составов в очаги пожаров используют стационарные огнегасительные системы, передвижные установки и ручные углекислотные и порошковые огнетушители.

Углекислотные огнетушители типа ОУ состоят из стального баллона, заполненного жидкой углекислотой под избыточном давлением (6МПа). При открытии вентиля через раструб выбрасывается снегообразная углекислота с температурой – 72<sup>0</sup>С.

Порошковые огнетушители типа ОП предназначены для подавления загораний двигателей внутреннего сгорания и в электроустановках до 1 кВт. Огнетушитель состоит из корпуса с порошком, баллончика со сжатым газом и запорно-пускового устройства. Для приведения огнетушителя в действие необходимо дернуть пусковое кольцо с рычагом вверх. При этом произойдет прокол мембраны баллончика, газ устремится в корпус и выбросит порошок через распылитель.

### Вопросы для самоконтроля:

1. В чем заключается механизм действия электрического тока на организм человека?
2. От каких параметров зависит термическое действие тока на организм человека?
3. Дайте определение понятию «фибрилляция сердца».
4. Какой величине равно минимальное сопротивление тела человека воздействию силы тока?
5. Какое время является длительным временем воздействия тока на организм человека?
6. При каких обстоятельствах может возникнуть электрическая дуга?
7. Расшифруйте условное обозначение характеристики напряжения электрической сети 380/220 В.
8. При каких условиях целесообразно использовать трехфазную четырехпроводную электрическую сеть?
9. В каком случае человек может оказаться под напряжением прикосновения?
10. В каком случае «напряжение шага» достигает максимального значения?
11. При каком условии напряжение шага равно нулю?
12. Какие средства защиты используют в нормальном режиме работы электроустановки?
13. Для какой цели и в каких случаях используют малые напряжения?
14. Что используют в качестве источников малого напряжения?
15. Для какой цели служит электрическое разделение сети?
16. Какие показатели характеризуют состояние изоляции?
17. Какая бывает изоляция по исполнению?
18. Какой смысл имеют буквенные обозначения сетей для электроснабжения жилых и общественных зданий, а также промышленных предприятий?
19. Какие требования предъявляют к сопротивлению системы защитного заземления?
20. Какую роль играет выравнивание потенциалов при контурном расположении электродов (заземлителей)?
21. В чем заключается отличие защитного заземления от зануления?
22. Что является причиной возникновения зарядов статического электричества?
23. В чем заключается классификация производственных помещений в зависимости от условий окружающей среды?
24. Из каких элементов состоит структурная схема устройства защитного отключения?
25. Какая допускается наименьшая высота расположения электропроводов в производственных помещениях над уровнем пола или рабочих площадок?

Тест по теме «Электробезопасность»

№	Вопрос	Альтернатива	Код
1.	По какой формуле определяют теплоту, выделяемую током в электрической цепи?	- $\theta_{эл.} = 998 P (1 - \eta)$ - $\theta_{эл.} = I^2 \cdot R \cdot \tau$ - по формулам, указанным в позициях 1.1. 1.2.	1.1. 1.2. 1.3.
2.	Какая сила тока вызывает фибрилляцию сердца?	- 10 мА - 40 мА - 100 мА	2.1. 2.2. 2.3.
3.	Какое сопротивление тела человека принимается в расчетах по обеспечению электробезопасности?	- 1000 Ом - 2000 Ом - 3000 Ом	3.1. 3.2. 3.3.
4.	Какое напряжение должно быть в нейтральной точке трансформатора при нормальном режиме работы электроустановки?	- $U_0 = 12 \text{ В}$ - $U_0 = 24 \text{ В}$ - $U_0 = 0$	4.1. 4.2. 4.3.
5.	Допустимая величина напряжения прикосновения и силы тока на корпусе оборудования?	- 2 В и 0,3 мА - 3 В и 0,4 мА - 4 В и 0,3 мА	5.1. 5.2. 5.3.
6.	При каком значении шага (а, м) напряжение шага равно нулю?	- $a = 0,4 \text{ м}$ - $a = 0,8 \text{ м}$ - $a = 0 \text{ м}$	6.1. 6.2. 6.3.
7.	Какой величине равен радиус растекания тока при замыкании электрического провода на землю?	- 4 м - 10 м - 20 м	7.1. 7.2. 7.3.
8.	Какое напряжение является верхним пределом малого напряжения?	- 12 В - 24 В - 42 В	8.1. 8.2. 8.3.
9.	Как определяют электрическую прочность изоляции?	- испытанием на пробой повышенным напряжением - измерением - специальными исследованиями	9.1. 9.2. 9.3.
10.	Какими буквенными обозначениями характеризуют трехфазную электрическую сеть с заземленной нейтралью при наружной электропроводке?	- $L_1, L_2, L_3, N$ - $L_1, L_2, L_3, PE$ - $L_1, L_2, L_3, PEN$	10.1. 10.2. 10.3.

11.	По какой формуле определяют силу тока на корпусе заземленного электрооборудования?	$- I_h = \frac{U_\phi}{R_h + \left[ \frac{R_{uz}}{3} \left( \frac{R_h + R_3}{R_3} \right) \right]}$ $- I_h = \frac{I_3 \cdot \rho}{2\pi \cdot R_h} \cdot \frac{a}{x(x+a)}$ $- I_h = \frac{I_3 \cdot R_3}{R_h}$	11.1.  11.2.  11.3.
12.	Какой величине должно соответствовать сопротивление системы защитного заземления?	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <math>R_3 \geq 3 \text{ Ом}</math></li> <li>- <math>R_3 \geq 4 \text{ Ом}</math></li> <li>- <math>R_3 \geq 5 \text{ Ом}</math></li> </ul>	12.1. 12.2. 12.3.
13.	При каком удельном объемном электрическом сопротивлении материал будет относиться к группе диэлектриков?	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <math>\geq 10^3 \text{ Ом} \cdot \text{м}</math></li> <li>- <math>\geq 10^4 \text{ Ом} \cdot \text{м}</math></li> <li>- <math>\geq 10^5 \text{ Ом} \cdot \text{м}</math></li> </ul>	13.1. 13.2. 13.3.

Ключ: 1.2; 2.2; 3.1; 4.3; 5.1; 6.3; 7.3; 8.3; 9.1; 10.1; 11.1; 12.2; 13.3.

## Решение тренировочных задач

### Задача №1

Определите величину тока, который пройдет через человека при прикосновении его к заземленному оборудованию при напряжении прикосновения. Величина тока замыкания на корпус  $I_3=10A$ . Потенциалы всех корпусов одинаковы, так как корпуса электрически связаны между собой заземляющим проводом. Удельное сопротивление грунта  $\rho = 50 \text{ Ом} \cdot \text{м}$ , сопротивление защитного заземления  $R_3=4 \text{ Ом}$ , расстояние от оборудования до электродов (заземлителей)  $x=5\text{м}$ , сопротивление человека  $R_h=1000 \text{ Ом}$ .

Сделайте вывод о исходе поражения человека расчетной величиной электрического тока при напряжении прикосновения.

### Задача №2

На основе расчета сделайте вывод, какая электрическая сеть более безопасна при эксплуатации, если используются на предприятии трехфазная четырехпроводная электрическая сеть с глухозаземленной нейтралью и трехфазная электрическая сеть с изолированной нейтралью.

Один человек с сопротивлением  $R_h$  прикоснулся к фазе трехфазной сети с изолированной нейтралью, другой человек с тем же сопротивлением  $R_h$  прикоснулся к фазному проводу четырехпроводной сети с заземленной нейтралью. Линейное напряжение сетей  $U_{л}=380 \text{ В}$ ;  $R_h = 1 \text{ кОм}$ ; сопротивление изоляции электропроводов отвечает требованиям ПУЭ -  $R_{из} \geq 0,5 \text{ МОм}$ . Сопротивлением земли ( $R_3$ ) и рабочего заземления ( $R_0$ ) из-за их малого значения можно пренебречь.

### Задача №3

Определите силу тока  $I_h$  при напряжении шага в зоне растекания тока ( $I_3$ ) по земной поверхности при обрыве одной фазы трехфазной сети напряжением  $U_{л}=0,38 \text{ кВ}$  при длине электрически связанных соответственно кабельной  $l_k = 2 \text{ км}$  и воздушной  $l_в = 1 \text{ км}$  линий. Расстояние человека, имеющего сопротивление току  $R_h = 2 \text{ кОм}$ ; до точки замыкания тока на землю  $x = 5 \text{ Ом}$ , шаг человека  $a = 0,8\text{м}$ . Удельное сопротивление грунта  $\rho = 0,1 \cdot 10^4 \text{ Ом} \cdot \text{м}$ .

Определите ток замыкания на землю  $I_3$ . Начертите схему растекания электротока ( $I_3$ ) по земле и сделайте вывод каким образом можно невредимым выйти из опасной зоны.

### Задача №4

Рассчитайте результирующее сопротивление системы защитного заземления, если расчетное сопротивление электрода (заземлителя)  $R_{эл} = 12 \text{ Ом}$ , а соединительной полосы -  $R_{пол} = 2 \text{ Ом}$ ; расчетное число электродов  $n=9$ ; коэффициенты использования соответственно соединительной полосы и электродов равны  $\eta_{пол} = 0,3$ ;  $\eta_{эл} = 0,5$ .

Сделайте вывод об эффективности системы защитного заземления. Укажите допустимые значения напряжения прикосновения и силы тока на корпусе заземленного электрооборудования.

### Задача №5

Оцените травмоопасность технологического оборудования по показателю технической безопасности ( $k_{тб}$ ), если число операций технологического цикла  $n_{м.ц.}=4$ . Число потенциально опасных операций  $n_{о.п.}=1$ .

Сделайте вывод при каком значении  $k_{тб}$ . все операции для оператора будут безопасны.

### Задача №6

На основе расчета проведите анализ возможного возникновения пожара в электросети, если сечение провода рассчитано на силу тока  $I=30A$ , а общая потребляемая мощность  $\Sigma P=8,0 кВт$ ,  $\cos \varphi=0,8$ , линейное напряжение  $U_n=380 В$ .

Определите количество тепла, выделяемого в электропроводке за время  $\tau=15 мин.$ , при сопротивлении сети  $R_c = 0,8 Ом$ .

## Тест по дисциплине (раздел «Техника безопасности»)

№	Вопрос	Альтернатива	Код
1.	Какое отверстие в кожухе машины предусматривают для взрыворазрядителей на 1 м <sup>3</sup> защищаемого внутреннего объема оборудования?	Не менее - 0,03 м <sup>2</sup> - 0,02 м <sup>2</sup> - 0,01 м <sup>2</sup>	1.1. 1.2. 1.3.
2.	На каком принципе основана работа теплового реле с биметаллической пластинкой при защите электродвигателя от перегрузки?	- на изменении силы тока в электрической сети - на продолжительность прохождения тока в электрической цепи - на количество выделяемого в обмотке двигателя тепла	2.1. 2.2. 2.3.
3.	Какую частоту должна иметь звуковая сигнализация?	Не более: - 2000 Гц - 5000 Гц - 8000 Гц	3.1. 3.2. 3.3.
4.	Какое производственное оборудование относят к группе, работающего под давлением выше атмосферного?	Под избыточным давлением свыше: - 0,09 МПа - 0,08 МПа - 0,07 МПа	4.1. 4.2. 4.3.
5.	Какое устройство обеспечивает автоматическое управление ар-	- редукционный клапан - предохранительный клапан	5.1. 5.2.

	матурой аппаратов, работающих под давлением?	- электропривод	5.3.
6.	Какое устройство предупреждает аварию и взрыв аппаратов, работающих под давлением?	- редукционный клапан - предохранительный клапан - реле давления	6.1. 6.2. 6.3.
7.	С помощью какого устройства выравнивается давление между оборудованием и подводящим паропроводом?	- предохранительным клапаном - редукционным клапаном - вакуумным клапаном	7.1. 7.2. 7.3.
8.	Под каким давлением осуществляют гидравлическое испытание литых сосудов, работающих под давлением?	- не менее $1,5 P_{\text{раб}}$ - не менее $1,25 P_{\text{раб}}$ - не менее $2,0 P_{\text{раб}}$	8.1. 8.2. 8.3.
9.	Какая величина тока вызывает немедленную смерть?	- 0,04 А - 0,01 А - 0,10 А	9.1. 9.2. 9.3.
10.	Какая электрическая сеть более безопасна в эксплуатации?	- однофазная с заземленной нейтралью - трехфазная четырехпроводная с заземленной нейтралью - трехфазная с изолированной нейтралью	10.1. 10.2. 10.3.
11.	Под какое напряжение попадает человек, прикоснувшийся к одной фазе трехфазной сети с изолированной нейтралью при замыкании одной фазы на землю?	- $U_{\text{линейное}}$ - $U_{\text{фазное}}$ - $U_{\text{нейтральной точки трансформатора}}$	11.1. 11.2. 11.3.
12.	По какой формуле определяют силу тока, протекающего через тело человека, находящегося под напряжением прикосновения?	- $I_h = \frac{I_3 \cdot \rho}{2\pi \cdot R_h} \cdot \frac{a}{x(x+a)}, A$ - $I_h = \frac{I_3}{R_h} (R_3 - \frac{\rho}{2\pi x}), A$ - $I_h = \frac{3U_\phi}{3R_h + R_{uz}}, A$	12.1. 12.2. 12.3.
13.	По какой формуле определяют силу тока, протекающего через тело человека попавшего под напряжение шага?	- $I_h = \frac{I_3 \cdot \rho}{2\pi \cdot R_h} \cdot \frac{a}{x(x+a)}, A$ - $I_h = \frac{I_3}{R_h} (R_3 - \frac{\rho}{2\pi x}), A$	13.1. 13.2. 13.3.

		$- I_h = \frac{3U_\phi}{3R_h + R_{из}}, A$	
14.	В каком случае электроустановки с малым напряжением представляют опасность и объясните почему?	<ul style="list-style-type: none"> <li>- при двухфазном подключении</li> <li>- при однофазном подключении</li> <li>- при позициях 14.1. и 14.2.</li> </ul>	<p>14.1.</p> <p>14.2.</p> <p>14.3.</p>
15.	Какой должен быть номинальный ток плавкой вставки или расцепителя автомата на первичной обмотке разделяющего трансформатора?	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 10 А</li> <li>- 15 А</li> <li>- 20 А</li> </ul>	<p>15.1.</p> <p>15.2.</p> <p>15.3.</p>
16.	Какая изоляция соответствует двойному исполнению?	<ul style="list-style-type: none"> <li>- обеспечивающая защиту от поражения электрическим током</li> <li>- применяемая дополнительно к рабочей</li> <li>- состоящая из рабочей и дополнительной (в виде корпуса из пластмассы)</li> </ul>	<p>16.1.</p> <p>16.2.</p> <p>16.3.</p>
17.	Принятое обозначение совмещенного нулевого рабочего и нулевого защитного проводников?	<ul style="list-style-type: none"> <li>- РЕ</li> <li>- PEN</li> <li>- N</li> </ul>	<p>17.1.</p> <p>17.2.</p> <p>17.3.</p>
18.	Для какой цели используют двухцветную комбинацию зелено-желтого цвета электропроводов?	<p>Для обозначения:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- нулевого рабочего проводника</li> <li>- нулевого защитного проводника</li> <li>- совмещенного нулевого рабочего и нулевого защитного проводников</li> </ul>	<p>18.1.</p> <p>18.2.</p> <p>18.3.</p>
19.	По какой формуле определяют ток замыкания на землю?	$- I_z = \frac{U_\phi (35l_k + l_g)}{350}, A$ $- I_h = \frac{I_z \cdot \rho}{2\pi \cdot R_h} \cdot \frac{a}{x(x+a)}, A$ <ul style="list-style-type: none"> <li>- по формулам, указанным в позициях 19.1. и 19.2.</li> </ul>	<p>19.1.</p> <p>19.2.</p> <p>19.3.</p>
20.	Какой величине должен отвечать ток короткого замыкания?	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <math>I_{к.з.} \geq 3 I_{н.в.}</math></li> <li>- <math>I_{к.з.} \geq 4 I_{н.в.}</math></li> <li>- <math>I_{к.з.} \geq 5 I_{н.в.}</math></li> </ul>	<p>20.1.</p> <p>20.2.</p> <p>20.3.</p>

## Вопросы к экзамену

1. Устройства, предупреждающие аварию из-за перегрузки оборудования?
2. В чем заключается принцип расчета предохранительных штифтов?
3. С помощью каких предохранительных устройств предупреждают аварию при перегрузке подъемно-транспортного оборудования?
4. В чем заключается принцип расчета предохранительных муфт на подъемно-транспортном оборудовании?
5. На каком оборудовании устанавливают предохранительные мембраны (взрыворазрядители) и в чем заключается их расчет?
6. С помощью каких устройств обеспечивают защиту электродвигателей от перегрузки, в чем заключается сущность их защиты?
7. На какие группы делят технологические трубопроводы аппаратов, работающих под давлением?
8. В чем заключается сущность работы электропривода для автоматического управления арматурой оборудования, работающего под давлением?
9. Дайте определение понятию «гидравлический удар». Под каким давлением осуществляют гидравлическое испытание сосудов, предназначенных для работы при температуре стенок до  $200^{\circ}\text{C}$ .
10. Какое воздействие оказывает электрический ток на организм человека?
11. От каких факторов зависит степень опасности и исход поражения электрическим током?
12. Сделайте анализ опасности поражения током в различных электрических сетях.
13. Физическая сущность напряжения прикосновения. Средства снижения напряжения прикосновения.
14. Причина возникновения напряжения шага. Сила тока, проходящего через человека, попавшего под напряжение шага?
15. Чем отличается характер зависимости напряжения шага и напряжения прикосновения от расстояния между человеком и заземлителем?
16. С учетом каких инженерно-технических способов и средств защиты обеспечивается безопасность работы электроустановки. Дайте их краткую характеристику.
17. Для какой цели служит электрическое разделение сетей и какие требования предъявляют к разделяющим трансформаторам?
18. Расшифруйте электрическую сеть типа TN – C – S.
19. Каким образом обеспечивают ориентацию в электроустановках, и в чем заключается ее сущность?
20. Физическая сущность защитного заземления, область его применения и принцип его расчета.
21. Физическая сущность зануления, область применения и принцип его расчета.
22. Принцип работы схем защитного отключения. Область применения защитного отключения.

23. Средства защиты от поражения электрическим током при нормальном режиме работы электроустановки и их физическая сущность.
24. Защитное отключение, принцип его действия и область применения?
25. Опасная зона оборудования, оградительные и предохранительные средства защиты безопасной эксплуатации оборудования?
26. Средства по обеспечению взрывопожаробезопасности технологического оборудования на пищевых и зерноперерабатывающих предприятиях, сущность их расчета.
27. Физическая сущность образования зарядов статического электричества. Методы и средства по предупреждению их возникновения. Какую опасность они представляют в условиях производства?
28. Какие средства пожаротушения используют на электроустановках, в чем заключается принцип их действия?
29. Какова классификация производственных помещений по взрывоопасности в соответствии с требованиями ПУЭ? Практическое значение этой классификации?
30. Классификация производственных помещений по пожароопасности в соответствии с требованиями ПУЭ. Цель этой классификации.

## Список рекомендуемой литературы

1. Безопасность жизнедеятельности. Учебник. / Под ред. С.В. Белова / - М.: Высшая школа, 2001
2. Безопасность и охрана труда. Под редакцией Русака О.Н. - Санкт-Петербург.: изд. МАНЭБ, 2001
3. Калинина В.М. Техническое оснащение и охрана труда в общественном питании. Учебник – М.: Академия, 2002
4. Кукин П.П., Лапин В.Л., Подгорных Е.А. и др. Безопасность жизнедеятельности. Безопасность технологических процессов и производств. Охрана труда. Учебник. – М.: Высшая школа, 1999
5. Никитин В.С., Бурашников Ю.М., Агафонов А.И. Охрана труда на предприятиях пищевой промышленности. Учебник. – М.: Колос, 1996

## Словарь основных понятий

**Опасная зона** – пространство, в котором возможно воздействие на работающих опасных и вредных производственных факторов.

**Предохранительные устройства** – конструктивные части оборудования, не допускающие аварии при нарушении нормального режима работы машины.

**Блокировка** – приспособление, обеспечивающее невозможность эксплуатации оборудования при открытых ограждениях.

**Мембрана** – легко разрушающаяся перегородка во взрыворазрядном отверстии кожуха машины.

**Гидростатическое давление** – давление при переходе от одной точки покоящейся жидкости к другой.

**Гидравлический удар** – явление резкого повышения давления в трубопроводе с движущейся жидкостью.

**Редукционные клапаны** – устройство автоматически перепускающее жидкость из полости более высокого давления в полость более низкого давления.

**Нейтральная точка трансформатора (генератора)** – точка соединения обмоток питающего трансформатора.

**Рабочее заземление** – заземление нейтральной точки трансформатора.

**Напряжение прикосновения** – разность потенциалов между двумя точками цепи тока, которых одновременно касается человек.

**Напряжение шага** – напряжение между двумя точками цепи тока, находящимися одна от другой на расстоянии шага, на которых одновременно стоит человек.