

## ЛЕКЦИЯ 6

### ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ОПАСНОСТИ

#### 6.1. ИОНИЗИРУЮЩИЕ ИЗЛУЧЕНИЯ

Общие положения.

*Ионизирующими* называют излучения, взаимодействие которых со средой приводит к образованию электрических зарядов различных знаков. Источники этих излучений широко используются в технике, химии, медицине, сельском хозяйстве и других областях. Например, они используются при измерении плотности почв, обнаружении течей в газопроводах, измерении толщины листов, труб и стержней, антистатической обработке тканей, полимеризации пластмасс, радиационной терапии злокачественных опухолей и др. Однако следует знать, что источники ионизирующего излучения представляют существенную угрозу здоровью и жизни людей, использующих их.

Существуют два вида ионизирующих излучений:

*корпускулярное*, состоящее из частиц с массой покоя, отличной от нуля (альфа- и бета- излучение и нейтронное излучение);

*электромагнитное* (гамма - излучение и рентгеновское) с очень малой длиной волны.

Рассмотрим основные характеристики указанных излучений.

*Альфа (α) - излучение* представляет собой поток ядер гелия, обладающих большой скоростью. Эти ядра имеют массу 4 и заряд +2. Они образуются при радиоактивном распаде ядер или при ядерных реакциях. В настоящее время известно более 120 искусственных и естественных альфа- радиоактивных ядер, которые, испуская альфа-частицу, теряют 2 протона и 2 нейтрона. Энергия альфа-частиц не превышает нескольких МэВ (мегаэлектрон-вольт). Излучаемые альфа-частицы движутся практически прямолинейно со скоростью примерно 20 000 км/с. Длина пробега альфа- частиц в воздухе обычно менее 10 см. Так, например, альфа-частицы с энергией 4 МэВ обладают длиной пробега в воздухе примерно в 2,5 см. В воде или в мягких тканях человеческого тела, плотность которых более чем в 700 раз

превышает плотность воздуха, длина пробега альфа-частиц составляет несколько десятков микрометров. За счет своей большой массы при взаимодействии с веществом альфа-частицы быстро теряют свою энергию. Это объясняет их низкую проникающую способность и высокую удельную ионизацию: при движении в воздушной среде альфа-частица на 1 см своего пути образует несколько десятков тысяч пар заряженных частиц - ионов.

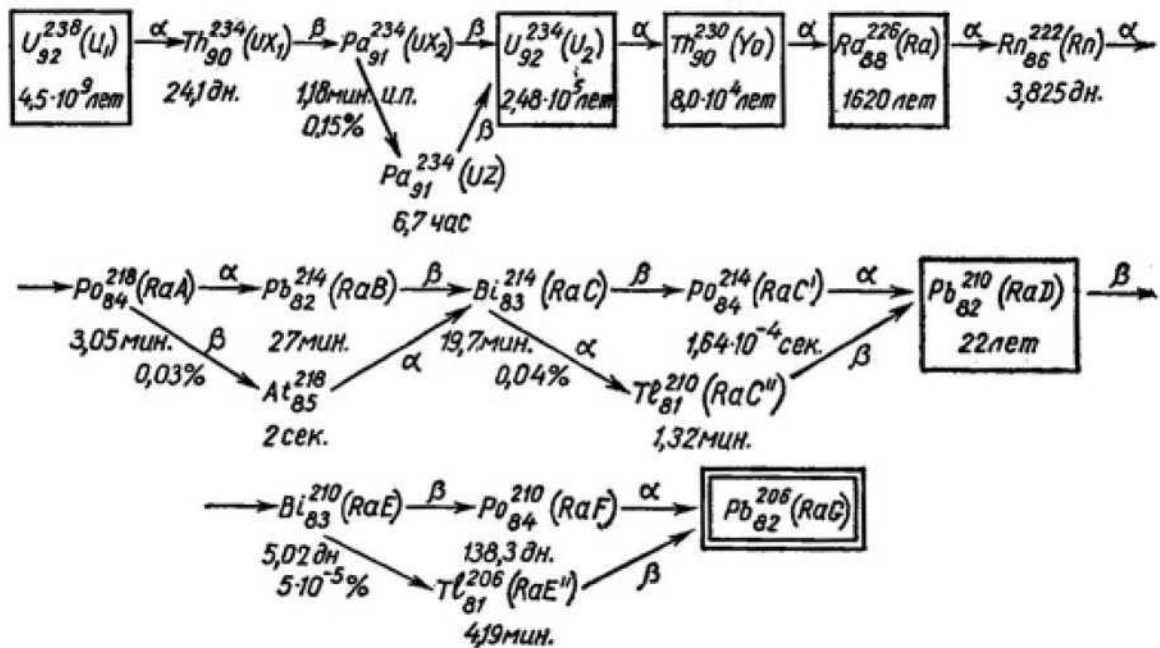
*Бета-излучение* представляет собой поток электронов ( $\beta^-$ -излучение) или позитронов ( $\beta^+$  - излучение), возникающих при радиоактивном распаде. В настоящее время известно около 900 бета-радиоактивных изотопов. Масса бета-частиц в несколько десятков тысяч раз меньше массы альфа-частиц. В зависимости от природы источника бета-излучений скорость этих частиц может лежать в пределах 0,3-0,99 скорости света. Энергия бета-частиц не превышает нескольких МэВ, длина пробега в воздухе составляет приблизительно 1800 см, а в мягких тканях человеческого тела  $\sim 2,5$  см. Проникающая способность бета-частиц выше, чем альфа-частиц (из-за меньшей массы и заряда). Например, для полного поглощения потока бета- частиц, обладающих максимальной энергией 2 МэВ требуется защитный слой алюминия толщиной 3,5 мм. Ионизирующая способность бета-излучения ниже, чем альфа-излучения: на 1 см пробега бета-частиц в среде образуется несколько десятков пар заряженных ионов.

*Нейтронное излучение* представляет собой поток ядерных частиц, не имеющих электрического заряда. Масса нейтрона приблизительно в 4 раза меньше массы альфа-частиц. В зависимости от энергии различают медленные нейтроны (с энергией менее 1 КэВ), нейтроны промежуточных энергий (от 1 до 500 КэВ) и быстрые нейтроны (от 500 КэВ до 20 МэВ). При неупругом взаимодействии нейтронов с ядрами атомов среды возникает вторичное излучение, состоящее из заряженных частиц и гамма-квантов (гамма-излучение). При упругих взаимодействиях нейтронов с ядрами может наблюдаться обычная ионизация вещества. Проникающая способность нейтронов зависит от их энергии, но она существенно выше, чем у альфы- или бета-частиц. Так, длина пробега нейтронов промежуточных энергий составляет около 15 м в воздушной среде и 3 см в биологической ткани, аналогичные показатели для быстрых нейтронов - соответственно 120 м и 10 см. Таким образом,

нейтронное излучение обладает высокой проникающей способностью и представляет для человека наибольшую опасность из всех видов корпускулярного излучения. Мощность нейтронного потока измеряется плотностью потока нейтронов (нейтр./см • с).

*Гамма-излучение* ( $\gamma$  - излучение) представляет собой электромагнитное излучение с высокой энергией и с малой длиной волны. Оно испускается при ядерных превращениях или взаимодействии частиц. Высокая энергия (0,01-3 МэВ) и малая длина волны обуславливает большую проникающую способность гамма - излучения. Гамма-лучи не отклоняются в электрических и магнитных полях. Это излучение обладает меньшей ионизирующей способностью, чем альфа - и бета - излучение.

*Рентгеновское излучение* может быть получено в специальных рентгеновских трубах, в ускорителях электронов, в среде, окружающей источник бета-излучения и др. Рентгеновские лучи представляют собой один из видов электромагнитного излучения. Энергия его обычно не превышает 1 МэВ. Рентгеновское излучение, как и гамма-излучение, обладает малой ионизирующей способностью и большой глубиной проникновения.



Для характеристики числа распадов вводится понятие *активности* (A) радиоактивного вещества, под которым понимают число само произвольных ядерных превращений в этом веществе за малый промежуток времени, деленное на

этот промежуток времени. Единицей измерения активности является Кюри (Ки), соответствующая  $3,7 \cdot 10^{10}$  ядерных превращений в секунду. Такая активность соответствует активности 1 г радия - 226.

Для характеристики воздействия ионизирующего излучения на вещество введено понятие дозы излучения. *Дозой излучения* называется часть энергии, переданная излучением веществу и поглощенная им. Количественной характеристикой взаимодействия ионизирующего излучения и вещества является *поглощенная доза излучения (Д)*.

Поглощенная доза является основной дозиметрической величиной. В системе СИ в качестве единицы поглощенной дозы принят грей (Гр). 1 Гр соответствует поглощению в среднем 1 Дж энергии ионизирующего излучения в массе вещества, равной 1 кг, т. е.  $1 \text{ Гр} = 1 \text{ Дж/кг}$ .

Для оценки возможного ущерба здоровью при хроническом воздействии ионизирующего излучения произвольного состава введено понятие *эквивалентной дозы (Н)*. Эта величина определяется как произведение поглощенной дозы  $D$  на средний коэффициент качества излучения и (безразмерный) в данной точке ткани человеческого тела. Единицей эквивалентной дозы в системе СИ является зиверт (Зв). Биологическое действие рассмотренных излучений на организм человека различно.

*Альфа-частицы*, проходя через вещество и сталкиваясь с атомами, ионизируют (заряжают) их, выбивая электроны. Альфа - излучение производит сильное действие на органические вещества, из которых состоит человеческий организм (жиры, белки и углеводы). На слизистых оболочках это излучение вызывает ожоги и другие воспалительные процессы.

Под действием *бета-излучений* происходит радиолиз (разложение) воды, содержащейся в биологических тканях, с образованием водорода, кислорода, пероксида водорода  $\text{H}_2\text{O}_2$ , заряженных частиц (ионов)  $\text{OH}^-$  и  $\text{HO}^+$ . Продукты разложения воды обладают окислительными свойствами и вызывают разрушение многих органических веществ, из которых состоят ткани человеческого организма.

Действие *гамма - и рентгеновского излучений* на биологические ткани обусловлено в основном образующимися свободными электронами. Нейтроны,

проходя через вещество, производят в нем наиболее сильные изменения по сравнению другими ионизирующими излучениями.

Таким образом, биологическое действие ионизирующих излучений сводится к изменению структуры или разрушению различных органических веществ (молекул), из которых состоит организм человека. Это приводит к нарушению биохимических процессов, протекающих в клетках, или даже к их гибели, в результате чего происходит поражение организма в целом.

Различают внешнее и внутреннее облучение организма. Под внешним облучением понимают воздействие на организм ионизирующих излучений от внешних по отношению к нему источников. Внутреннее облучение осуществляется радиоактивными веществами, попавшими внутрь организма через дыхательные органы, желудочно-кишечный тракт или через кожные покровы. Источники внешнего излучения - космические лучи, естественные радиоактивные источники, находящиеся в атмосфере, воде, почве, продуктах питания и др., источники альфа-, бета-, гамма-, рентгеновского и нейтронного излучений, используемые в технике и медицине, ускорители заряженных частиц, ядерные реакторы (в том числе и аварии на ядерных реакторах) и ряд других.

Радиоактивные вещества, вызывающие внутреннее облучение организма, попадают в него при приеме пищи, курении, питье загрязненной воды. Поступление радиоактивных веществ в человеческий организм через кожу происходит в редких случаях (если кожа имеет повреждения или открытые раны). Внутреннее облучение организма длится до тех пор, пока радиоактивное вещество не распадется или не будет выведено из организма в результате процессов физиологического обмена. Внутреннее облучение опасно тем, что вызывает длительно незаживающие язвы различных органов и злокачественные опухоли.

При работе с радиоактивными веществами значительному облучению подвергаются руки операторов. Под действием ионизирующих излучений развивается хроническое или острое (лучевой ожог) поражение кожи рук. Хроническое поражение характеризуется сухостью кожи, появлением на ней трещин, изъязвлением и другими симптомами. При остром поражении кистей рук возникают отеки, омертвление тканей, язвы, на месте образования которых возможно развитие

злокачественных опухолей.

Под влиянием ионизирующих излучений у человека возникает лучевая болезнь. Различают четыре степени ее: первая (легкая), вторая, третья (тяжелая) и четвертая (крайне тяжелая). Биологическое действие ионизирующих излучений зависит от числа образовавшихся пар ионов, которое определяется поглощенной энергией излучения.

Симптомами лучевой болезни первой степени являются слабость, головные боли, нарушение сна и аппетита, которые усиливаются на второй стадии заболевания, но к ним дополнительно присоединяются нарушения в деятельности сердечно-сосудистой системы, изменяется обмен веществ и состав крови, происходит расстройство пищеварительных органов. На третьей стадии болезни наблюдаются кровоизлияния и выпадение волос, нарушается деятельность центральной нервной системы и половых желез. У людей, перенесших лучевую болезнь, повышается вероятность развития злокачественных опухолей и заболеваний кроветворных органов. Лучевая болезнь в острой (тяжелой) форме развивается в результате облучения организма большими дозами ионизирующих излучений за короткий промежуток времени. Опасно воздействие на организм человека и малых доз радиации, так как при этом могут произойти нарушение наследственной информации человеческого организма, возникнуть мутации.

Нижний уровень развития легкой формы лучевой болезни возникает при эквивалентной дозе облучения приблизительно 1 Зв, тяжелая форма лучевой болезни, при которой погибает половина всех облученных, наступает при эквивалентной дозе облучения 4,5 Зв. 100%-ный смертельный исход лучевой болезни соответствует эквивалентной дозе облучения 5,5 - 7,0 Зв.

В настоящее время разработан ряд химических препаратов (протекторов), существенно снижающих негативный эффект воздействия ионизирующего излучения на организм человека.

В России предельно допустимые уровни ионизирующего облучения и принципы радиационной безопасности регламентируются «Нормами радиационной безопасности» НРБ-99, Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 26 апреля 2010 г. N 40 "Об утверждении СП 2.6.1.2612-10 "Основные

санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ 99/2010)". В соответствии с этими нормативными документами нормы облучения установлены для следующих трех категорий лиц:

категория А - персонал, постоянно или временно работающий с источниками ионизирующих излучений;

категория Б - ограниченная часть населения, которая по условиям размещения рабочих мест или по условиям проживания может подвергаться воздействию источников излучения;

категория В - население страны, республики, края и области.

Эффективная доза для персонала не должна превышать за период трудовой деятельности (50 лет) - 1000 мЗв, а для населения за период жизни (70 лет) - 70 мЗв. Начало периодов вводится с 1 января 2000 года.

Основные пределы доз

Нормируемые величины*	Пределы доз	
	Персонал (группа А)	Население
Эффективная доза	20 мЗв в год в среднем за любые последовательные 5 лет, но не более 50 мЗв в год	1 мЗв в год в среднем за любые последовательные 5 лет, но не более 5 мЗв в год
Эквивалентная доза за год в хрусталике глаза	150 мЗв	15 мЗв
коже	500 мЗв	50 мЗв
кистях и стопах	500 мЗв	50 мЗв

Защита от действия ионизирующих излучений.

Основные принципы радиационной безопасности заключаются в не превышении установленного основного дозового предела, исключении всякого необоснованного облучения и снижении дозы излучения до возможно низкого уровня. С целью реализации этих принципов на практике обязательно контролируются дозы облучения, полученные персоналом при работе с источниками ионизирующих излучений, работа проводится в специально оборудованных помещениях, используется защита расстоянием и временем, применяются различные средства коллективной и индивидуальной защиты.

Для определения индивидуальных доз облучения персонала необходимо систематически проводить радиационный (дозиметрический) контроль, объем

которого зависит от характера работы с радиоактивными веществами. Каждому оператору, имеющему контакт с источниками ионизирующих излучений, выдается индивидуальный дозиметр для контроля полученной дозы гамма-излучений. В помещениях, где проводится работа с радиоактивными веществами, необходимо обеспечить и общий контроль за интенсивностью различных видов излучений. Эти помещения должны быть изолированы от прочих помещений, оснащены системой приточно-вытяжной вентиляции с кратностью воздухообмена не менее пяти. Окраска стен, потолка и дверей в этих помещениях, а также устройство пола выполняются таким образом, чтобы исключить накопление радиоактивной пыли и избежать поглощения радиоактивных аэрозолей, паров и жидкостей отделочными материалами (окраска стен, дверей и в некоторых случаях потолков должна производиться масляными красками, полы покрываются материалами, не впитывающими жидкости, - линолеумом, полихлорвиниловым пластиком и др.). Все строительные конструкции в помещениях, где проводится работа с радиоактивными веществами, не должны иметь трещин и несплошностей; углы закругляют для того, чтобы не допустить скопления в них радиоактивной пыли и облегчить уборку. Не менее одного раза в месяц проводят генеральную уборку помещений с обязательным мытьем горячей мыльной водой стен, окон, дверей, мебели и оборудования. Текущая влажная уборка помещений проводится ежедневно.

Для уменьшения облучения персонала все работы с этими источниками проводят с использованием длинных захватов или держателей. Защита временем заключается в том, что работу с радиоактивными источниками проводят за такой период времени, чтобы доза облучения, полученная персоналом, не превышала предельно допустимого уровня.

*Коллективные средства защиты* от ионизирующих излучений регламентируются ГОСТом 12.4.120-83 «Средства коллективной защиты от ионизирующих излучений. Общие требования». В соответствии с этим нормативным документом основными средствами защиты являются стационарные и передвижные защитные экраны, контейнеры для транспортирования и хранения источников ионизирующих излучений, а также для сбора и транспортировки радиоактивных отходов, защитные сейфы и боксы и др. Стационарные и передвижные защитные



экраны предназначены для снижения уровня излучения на рабочем месте до допустимой величины. Если работу с источниками ионизирующих излучений проводят в специальном помещении - рабочей камере, то экранами служат ее стены, пол и потолок, изготовленные из защитных материалов. Такие экраны носят название стационарных. Для устройства передвижных экранов используют различные щиты, поглощающие или ослабляющие излучение.

Экраны изготавливают из различных материалов. Для сооружения стационарных средств защиты стен, перекрытий, потолков используют кирпич, бетон, баритобетон и баритовую штукатурку (в их состав входит сульфат бария -  $BaSO_4$ ). Эти материалы надежно защищают персонал от воздействия гамма - и рентгеновского излучения.

Для создания передвижных экранов используют различные материалы. Защита от  $\alpha$  - излучения достигается применением экранов из обычного или органического стекла толщиной несколько миллиметров. Достаточной защитой от этого вида излучения является слой воздуха в несколько сантиметров. Для защиты от бета-излучения экраны изготавливают из алюминия или пластмассы (органическое стекло).

От гамма- и рентгеновского излучения эффективно защищают свинец, сталь, вольфрамовые сплавы. Смотровые системы изготавливают из специальных прозрачных материалов, например, свинцового стекла.

От нейтронного излучения защищают материалы, содержащие в составе водород (вода, парафин), а также бериллий, графит, соединения бора и т.д. Бетон также можно использовать для защиты от нейтронов.

Защитные сейфы применяются для хранения источников гамма- излучения. Они изготавливаются из свинца и стали.

Для работы с радиоактивными веществами, обладающими альфа- и бета-активностью, используют защитные перчаточные боксы.

Защитные контейнеры и сборники для радиоактивных отходов изготавливаются из тех же материалов, что и экраны - органического стекла, стали, свинца и др.

При проведении работ с источниками ионизирующих излучений опасная зона

должна быть ограничена предупреждающими надписями.

Принцип действия приборов, предназначенных для контроля за персоналом, который подвергается воздействию ионизирующих излучений, основан на различных эффектах, возникающих при взаимодействии этих излучений с веществом. Основные методы обнаружения и измерения радиоактивности - ионизация газа, сцинтилляционные и фотохимические методы. Наиболее часто используется ионизационный метод, основанный на измерении степени ионизации среды, через которую прошло излучение.

*Сцинтилляционные методы* регистрации излучений основаны на способности некоторых материалов, поглощая энергию ионизирующего излучения, превращать ее в световое излучение. Примером такого материала может служить сульфид цинка (ZnS). Сцинтилляционный счетчик представляет собой фотоэлектронную трубку с окошком, покрытым сульфидом цинка. При попадании внутрь этой трубки излучения возникает слабая вспышка света, которая приводит к возникновению в фотоэлектронной трубке импульсов электрического тока. Эти импульсы усиливаются и подсчитываются.

*Фотохимические методы*, или методы автордиографии, основаны на воздействии радиоактивного образца на слой фотоэмульсии, содержащий галогениды серебра. Уровень радиоактивности образца оценивают после проявления пленки-

Существуют и другие методы определения ионизирующих излучений, например, калориметрические, которые основаны на измерении количества тепла, выделяющегося при взаимодействии излучения с поглощающим веществом.

Приборы дозиметрического контроля делятся на две группы: дозиметры, используемые для количественного измерения мощности дозы, и радиометры или индикаторы излучения, применяемые для быстрого обнаружения радиоактивных загрязнений.

К средствам индивидуальной защиты от ионизирующих излучений относится спецодежда - халаты, комбинезоны, полукombineзоны и шапочки, изготовленные из хлопчатобумажной ткани. При значительном загрязнении производственного помещения радиоактивными веществами на спецодежду из ткани дополнительно

надевают пленочную одежду (нарукавники, брюки, фартук, халат и т.д.), изготовленную из пластика.

В тех случаях, когда приходится работать в условиях значительного радиационного загрязнения, для защиты персонала используют пневмо костюмы (скафандры) из пластмассовых материалов с поддувом по гибким шлангам воздуха или снабженные кислородным аппаратом. Для защиты органов зрения от излучения применяют очки со стеклами, содержащими специальные добавки (фосфат вольфрама или свинец), а при работе с источниками альфа- и бета -излучений глаза защищают щитками из органического стекла.

Если в воздухе находятся радиоактивные аэрозоли, то надежным средством защиты органов дыхания являются респираторы и противогазы.

#### Вопросы для самоконтроля

Назовите виды ионизирующих излучений и их основные физические характеристики.

Назовите основные единицы измерения ионизирующих излучений. Охарактеризуйте биологическое действие ионизирующих излучений на организм человека.

Каковы способы защиты от ионизирующих излучений?

Каковы индивидуальные средства защиты от ионизирующих излучений? Какими приборами измеряют ионизирующие излучения?

Из каких материалов изготавливают экраны для защиты от ионизирующих излучений?

## 6.2. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК

При работе с электрическими установками на производстве, приборами в быту следует соблюдать требования электробезопасности. Они представляют собой систему организационных и технических мероприятий и средств, которые обеспечивают защиту людей от вредного и опасного действия электрического тока. Напряжение между двумя любыми фазами называется линейным напряжением, которое равно 380 В. Напряжение между любой фазой и нулевым проводом

называется фазным и равно 220 В. нулевой провод сети согласно ПУЭ подключается к контуру заземления.

Действие электрического тока на организм человека.

Действие электрического тока на организм человека носит многообразный характер. Проходя через организм человека, электрический ток вызывает *термическое, электролитическое и биологическое* действие.

*Термическое* действие тока проявляется в ожогах тела, нагреве до высокой температуры внутренних органов человека (кровеносных сосудов, сердца, мозга).

*Электролитическое* действие тока проявляется в разложении органических жидкостей тела (воды, крови) и нарушениях их физикохимического состава.

*Биологическое* действие тока проявляется как раздражение и возбуждение живых тканей организма и сопровождается произвольными судорожными сокращениями мышц (сердца, лёгких).

Эти воздействия приводят к двум видам поражения: *электрическим травмам и электрическим ударам*.

*Электрические травмы* представляют собой чётко выраженные местные повреждения тканей организма человека, вызванные воздействием электрического тока (или дуги). Электротравмы излечимы, хотя степень тяжести может быть значительной вплоть до гибели человека. Различают следующие электрические травмы:

электрические ожоги;

электрические знаки;

металлизация кожи;

электроофтальмия;

механические повреждения.

Электрический ожог возникает при значительных напряжениях и несовершенном контакте человека с токоведущими частями.

При совершенном контакте возникают электрические знаки - чётко очерченные пятна серого или бледно-жёлтого цвета на поверхности кожи человека.

Металлизация кожи - это проникновение в верхние слои кожи мельчайших частичек металла, графита. Болезненность вызывает нагретость этих частичек.

Электроофтальмия - поражение глаз, вызванное интенсивным излучением электрической дуги (вредны ультрафиолетовые и инфракрасные лучи).

Механические повреждения возникают в результате резких непроизвольных судорожных сокращений мышц, вплоть до разрывов кожи, кровеносных сосудов, вывихов суставов и перелома костей. Возможны вторичные последствия, вызванные падением с высоты, непроизвольными ударами.

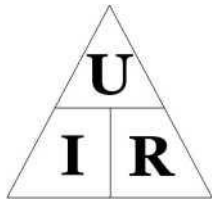
*Электрический удар* - это результат биологического действия тока. Возбуждение внутренних живых тканей организма проходящим через него электрическим током сопровождается непроизвольными судорожными сокращениями мышц. Если последние принадлежат органам дыхания или, особенно сердцу, тяжёлые последствия (клиническая, биологическая смерть) возможны из-за прекращения работы дыхания, сердцебиения и наступления электрического шока. При клинической смерти у человека отсутствуют признаки жизни (нет дыхания и сердцебиения), однако жизнь в организме не угасла и поддерживается на низком уровне в течение 6-8 минут. Если не приступить к оживлению организма, то происходит гибель очень чувствительных к кислородному голоданию клеток коры головного мозга (нейронов). С истечением указанного времени может наступить биологическая смерть.

*Факторы, определяющие опасность поражения электрическим током.*

Характер и последствия воздействия на человека электрического тока зависят от следующих факторов:

- электрического сопротивления тела человека;
- величины напряжения и силы тока;
- продолжительности воздействия электрического тока (t);
- пути тока через тело человека;
- рода и частоты электрического тока;
- условий внешней среды;
- индивидуальные свойства человека.

*Электрическое сопротивление* току оказывает в основном кожа, а в её составе - наружный роговой слой (эпидермис). В сухом состоянии кожа человека - диэлектрик с объемным удельным сопротивлением до  $10^5$  Ом. Сопротивление внутренних (влажных) тканей в тысячи раз меньше, порядка 300-500 Ом. В качестве расчётной величины при переменном токе промышленной частоты применяют активное сопротивление тела человека равное 1000 Ом. Повреждение рогового слоя (порезы, царапины, ссадины) снижают сопротивление тела до 500-700 Ом, что пропорционально увеличивает опасность поражения человека током. Такое же негативное значение имеет увлажнение или загрязнение кожи при повышенной температуре, вызывающей усиленное потовыделение. Наименьшим сопротивлением обладает кожа лица, шеи, подмышках и наоборот, кожа ладоней, подошв имеют повышенное сопротивление. С увеличением времени действия напряжения, силы тока и частоты сопротивление кожи резко падает, что усугубляет последствия прохождения тока через организм человека.



*Диаграмма, помогающая запомнить закон Ома. Нужно закрыть искомую величину, и два других символа дадут формулу для её вычисления*

*Величина силы тока и напряжение.* Основным фактором, обуславливающим исход поражения электрическим током, является сила тока, проходящего через тело человека. Сила тока - количество электричества, проходящего через тело человека в единицу времени. Чем больше сила тока, тем опаснее его воздействие. Различают три степени воздействия тока на организм человека и соответствующие им три пороговых значения: осязаемое, отпускающее и фибрилляционное.

*Осязаемый ток* вызывает осязаемые малоболезненные раздражения. Человек может самостоятельно освободиться от провода или токоведущей части, находящейся под напряжением. Если человек попал под воздействие переменного тока промышленной частоты ( $f = 50$  Гц), он начинает ощущать протекающий через него ток, когда его значение достигнет 0,6 - 1,5 мА. Для постоянного тока это пороговое значение составляет 6-7 мА.

*Неотпускающий ток* - вызывает непреодолимое судорожное сокращение

мышц руки, в которой зажат проводник. При этом сила переменного тока, протекающего через организм, должна составлять 10 - 15 мА и более, а постоянного - 50 - 70 мА. Человек не может самостоятельно разжать руку и освободиться от воздействия тока.

*Фибрилляционный ток* вызывает фибрилляцию (трепыхание) сердечной мышцы. Это быстрые хаотические и разновременные сокращения волокон сердечной мышцы (фибрилл). В результате чего сердце теряет способность перекачивать кровь, в организме прекращаются процессы кровообращения и дыхания и наступает смерть. При воздействии переменного тока промышленной частоты величина порогового фибрилляционного тока составляет 100 мА (при продолжительности действия 0,5 сек), а для постоянного тока - 300 мА при той же продолжительности. Ток больше 5А фибрилляцию сердца не вызывает, наступает мгновенная остановка сердца.

*Продолжительность воздействия* электрического тока. Существенное влияние на исход поражения оказывает длительность прохождения тока через тело человека. Продолжительное действие тока приводит к тяжёлым, а иногда смертельным поражениям. С увеличением времени прохождения тока сопротивление тела человека падает, так как при этом усиливается местный нагрев кожи, что приводит к расширению её сосудов, к усилению снабжения этого участка кровью и увеличению потовыделения.

*Путь электрического тока* через тело человека. Путь прохождения тока через тело человека играет существенную роль в исходе поражения, так как ток может пройти через жизненно важные органы: сердце, лёгкие, головной мозг. Влияние пути тока на исход поражения определяется также сопротивлением кожи на различных участках тела. Возможные петли тока: рука-рука, рука - ноги и нога-нога. Наиболее опасны петли голова - руки и голова - ноги, т.к. при этом поражаются органы дыхания и сердце.

*Род и частота электрического тока.* Переменный ток в 4-5 раз опаснее постоянного. Это вытекает из сопоставления пороговых ощутимых, а также не отпускающих токов для переменного и постоянного токов. Случаев поражения в электроустановках постоянным током в несколько раз меньше, чем в аналогичных

установках переменного тока. Это положение справедливо лишь для напряжений до 250-300 В. При более высоких напряжениях постоянный ток более опасен, чем переменный.

Для переменного тока играет роль также и его частота. С увеличением частоты переменного тока полное сопротивление тела уменьшается, что приводит к увеличению тока, проходящего через человека, следовательно, повышается опасность поражения. Наибольшую опасность представляет ток с частотой от 50 до 1000 Гц; при дальнейшем повышении частоты опасность поражения уменьшается и полностью исчезает при частоте 45 - 50 кГц. Эти токи сохраняют опасность ожогов.

*Индивидуальные свойства человека.* Установлено, что физически здоровые и крепкие люди легче переносят электрические удары. Повышенной восприимчивостью к электрическому току отличаются лица, страдающие болезнями кожи, сердечно-сосудистой системы, органов внутренней секреции, лёгких, нервными болезнями. Правилами ТБ при эксплуатации электроустановок предусмотрен отбор персонала для обслуживания действующих электроустановок по состоянию здоровья. С этой целью проводится медицинское освидетельствование лиц при поступлении на работу и периодически 1 раз в два года в соответствии со списком болезней и расстройств, препятствующих допуску к обслуживанию действующих электроустановок.

*Условия внешней среды.* Условия, в которых работает человек, могут увеличивать или уменьшать опасность его поражения электрическим током. Сырость, токопроводящая пыль, едкие пары и газы оказывают разрушающее действие на изоляцию электроустановок. Высокая температура и влажность окружающего воздуха понижают сопротивление тела человека, что ещё больше увеличивает опасность поражения его током.

В зависимости от наличия перечисленных условий, повышающих опасность воздействия тока на человека, «Правила устройства электроустановок» делят все помещения по опасности поражения людей электрическим током на три категории: *особо опасные, с повышенной опасностью, без повышенной опасности.*

*Особо опасные помещения* по поражению людей электротоком характеризуются наличием одного из следующих условий, создающих особую



опасность:

особая сырость - 100%, потолок, стены, пол, и предметы в помещении покрыты влагой);

химически активная или органическая среда, разрушающая изоляцию и токоведущие части электрооборудования;

одновременная реализация двух и более условий повышенной опасности. Примером таких помещений могут служить бани, душевые, складские помещения под землей и т.д.

Помещения с *повышенной опасностью* поражения людей электрическим током характеризуются наличием в них одного из следующих условий:

влажность, превышающая 75%;

токопроводящая пыль;

токопроводящие полы (металлические, земляные, железобетонные, кирпичные);

высокая температура (выше + 35°C);

возможность одновременного прикосновения человека к имеющим соединения с землёй металлоконструкциям зданий, механизмов, с одной стороны, и к металлическим корпусам электрооборудования - с другой. Примером таких помещений могут служить буровые установки, нефтеперекачивающие станции, цеха механической обработки материалов, складские не отапливаемые помещения и др.

Помещения без *повышенной опасности* поражения людей электрическим током характеризуются отсутствием условий, создающих повышенную или особую опасность. К ним относятся жилые помещения, лаборатории, конструкторские бюро, заводоуправление, конторские помещения и другие.

Защита человека от поражения электрическим током. Защитные меры в электроустановках. Электроустановками называются совокупность машин, аппаратов, линий, вспомогательное оборудование (вместе с помещениями, в которых они устанавливаются), предназначенных для производства, передачи, распределения электрической энергии.

Поражение человека электрическим током возможно лишь при замыкании

электрической цепи через его тело или, иначе говоря, при прикосновении человека к сети не менее чем в двух точках.

Напряжением прикосновения ( $U_p$ ) - это разность потенциалов двух точек электрической цепи, которых одновременно касается человек. Это происходит:

при двухфазном включении в сеть;

при однофазном включении в сеть (при контакте с токоведущими частями оборудования - клеммы, шины и т.д.);

при контакте с нетоковедущими частями оборудования, случайно оказавшимися под напряжением из-за нарушения изоляции проводов;

при возникновении напряжения шага.

Снизить ток можно либо за счет снижения напряжения прикосновения (применение малых напряжений), либо за счет увеличения сопротивления человека (применения СИЗ).

При двухфазном включении человека в сеть напряжение прикосновения будет равно линейному напряжению. Если человек прикоснулся к электрически поврежденной установке, имеющей заземление, то напряжение прикосновения будет ниже напряжения этой установки, так как любое заземляющее устройство снижает потенциал корпуса электроустановки.

Напряжением шага — это разность потенциалов двух точек на поверхности земли, на которых одновременно стоит человек. Разность потенциалов возникает при падении оголенного провода на землю или при подходе к заземлителю в режиме стекания через него тока.

Чем выше потенциал касания проводом земли и меньше расстояние, тем выше значение напряжения шага. Напряжение шага практически исчезает при расстоянии более 15 - 20 метров.

Безопасность при работе с электроустановками обеспечивается применением различных технических и организационных мер. Они регламентированы действующими Межотраслевыми правилами эксплуатации электроустановок (2001 г.).

Технические средства защиты от поражения электрическим током делятся на коллективные и индивидуальные.

Основные *коллективные способы и средства электрозащиты*:

изоляция токопроводящих частей (проводов) и ее непрерывный контроль;

установка оградительных устройств;

предупредительная сигнализация и блокировки;

использование знаков безопасности и предупреждающих плакатов;

применение малых напряжений;

защитное заземление;

зануление;

защитное отключение.

Изоляция проводов, установка оградительных устройств, предупредительная сигнализация и блокировки, а также использование знаков безопасности и предупреждающих плакатов относятся к защите от прикосновения к токоведущим частям установок.

*Изоляция токопроводящих частей* - одна из основных мер электробезопасности. Согласно ПУЭ сопротивление изоляции токопроводящих частей электрических установок относительно земли должно быть не менее 0,5 МОм (1 МОм =  $10^6$  Ом.)

Различают рабочую и двойную изоляцию.

**Р а б о ч е й** называется изоляция, обеспечивающая нормальную работу электрической установки и защиту персонала от поражения электрическим током.

**Д в о й н а я** изоляция, состоящая из рабочей и дополнительной, используется в тех случаях, когда требуется обеспечить повышенную электробезопасность оборудования (например, ручного электроинструмента, бытовых электрических приборов и т.д.).

Существуют *основные и дополнительные изолирующие средства*. Основные изолирующие электрозащитные средства способны длительно выдерживать рабочее напряжение электроустановок, поэтому ими разрешается касаться токоведущих частей под напряжением. В установках до 1000 В - это диэлектрические перчатки, инструмент с изолированными рукоятками, указатели напряжения.

*Дополнительные электрозащитные средства* обладают недостаточной

электрической прочностью и не могут самостоятельно защитить человека от поражения током. Их назначение - усилить защитное действие основных изолирующих средств, с которыми они должны применяться. В установках до 1000 В диэлектрические боты, диэлектрические резиновые коврики, изолирующие подставки.

*Установка оградительных устройств.* Неизолированные токопроводящие части электроустановок, работающих под любым напряжением, должны быть надежно ограждены или расположены на недоступной высоте, чтобы исключить случайное прикосновение к ним человека. Конструктивно ограждения изготавливают из сплошных металлических листов или металлических сеток.

*Предупредительные сигналы и блокировки.* Для предупреждения об опасности поражения электрическим током используют различные звуковые, световые и цветовые сигнализаторы. Кроме того, в конструкциях электроустановок предусмотрены блокировки — автоматические устройства, с помощью которых преграждается путь в опасную зону. Блокировки могут быть механические (стопоры, защелки, фигурные вырезы), электрические или электромагнитные.

Для информации персонала об опасности служат предупредительные плакаты, которые в соответствии с назначением делятся на предостерегающие, запрещающие, разрешающие и напоминающие. Части оборудования, представляющие опасность для людей, окрашивают в сигнальные цвета. На них наносят знак безопасности в соответствии с ГОСТом 12.4.026 «Цвета сигнальные и знаки безопасности». Красным цветом окрашивают кнопки и рычаги аварийного отключения электроустановок.

*Применение малых напряжений.* Для уменьшения опасности поражения током людей, работающих с переносным электроинструментом и осветительными лампами в особо опасных помещениях, используют *малое напряжение*, не превышающее 42 В. В ряде случаев, например, при работе в горных выработках, для питания ручных переносных ламп используют напряжение 12 В. Источниками малого напряжения являются трансформаторы, аккумуляторы, батареи гальванических элементов и т.д.

При замыканиях тока на металлические части оборудования (замыкание на корпус) на них появляются напряжения, достаточные для поражения людей.

Осуществить защиту от поражения электрическим током в этом случае можно тремя путями: *защитным заземлением, занулением и защитным отключением*. Они являются защитой человека от напряжения, появившегося на корпусе в результате нарушения изоляции.

*Защитное заземление* - это преднамеренное соединение с землей металлических нетоковедущих частей электрооборудования, которые могут оказаться под напряжением при нарушении изоляции электроустановки. Защитное заземление устраивается в электрических сетях с изолированной и с заземленной нейтралью.

Если произошло замыкание и корпус электроустановки оказался под напряжением, то прикоснувшийся к нему человек попадает под напряжение прикосновения.

Принцип действия защитного заземления заключается в снижении до безопасных значений напряжений прикосновения, вызванных замыканием на корпус.

Защитному заземлению подвергают все металлические части электроустановок и оборудования, например, корпуса электрических машин, трансформаторов, светильников, каркасы распределительных щитов, металлические трубы и оболочки электропроводок, а также металлические корпуса переносных электроприемников.

Конструктивно *заземляющее устройство* представляет металлические электроды (уголок или металлические трубы длиной не менее 2,5 м), связанные между собой металлической полосой, которая накладывается на металлические части оборудования. Количество заземлителей зависит от удельного электрического сопротивления грунта и требуемой величины сопротивления контура заземления.

В зависимости от взаимного расположения заземлителей и заземляемого оборудования различают *выносные и контурные заземляющие устройства*. Первые из них характеризуются тем, что заземлители вынесены за пределы площадки, на которой размещено заземляемое оборудование, или сосредоточены на некоторой части этой площадки.

Контурное заземляющее устройство, заземлители которого располагаются по контуру (периметру) вокруг заземляемого оборудования на небольшом расстоянии друг от друга (несколько метров), обеспечивает лучшую степень защиты, чем предыдущее.

Заземлители бывают искусственные, которые используются только для целей заземления, и естественные, в качестве которых используют находящиеся в земле трубопроводы (за исключением трубопроводов горючих жидкостей или газов), металлические конструкции, арматуру железобетонных конструкций, свинцовые оболочки кабелей и др. Искусственные заземлители изготавливают из стальных труб, уголков, прутков или полосовой ткани.

Требования к сопротивлению защитного заземления регламентируются ПУЭ. В любое время года — это сопротивление не должно превышать 4 Ом - в установках, работающих при напряжении до 1000 В, если мощность источника тока составляет 100 кВ А и менее, то сопротивление заземляющего устройства может достигать 10 Ом;

*Защитное зануление* предназначено для защиты персонала от поражения электрическим током в четырехпроводных сетях с глухо заземленной нейтралью до 1000 В. Обычно эти сети 220/127, 380/220 и 660/380 В.

*Зануление* - это преднамеренное соединение с нулевым проводником металлических частей оборудования, которые могут оказаться под напряжением. Принцип действия зануления - превращение замыкания на корпус в однофазное короткое замыкание. Цель этого, вызвать большой ток, способный обеспечить срабатывание защиты и тем самым, автоматически отключить поврежденную установку от питающей сети. Такой защитой могут быть: плавкие предохранители, магнитные пускатели и автоматы.

Время срабатывания элементов защиты зависит от силы тока. Так, для плавких предохранителей и тепловых автоматов время срабатывания предохранителя составляет 0,1с. Электромагнитный автоматический выключатель обесточивает сеть за 0.01 с.

*Защитное отключение* - это защита от поражения электрическим током в электроустановках, работающих под напряжением до 1000 В, автоматическим отключением всех фаз аварийного участка сети за время, допустимое по условиям безопасности для человека.

Основная характеристика этой системы - быстроедействие, оно не должно превышать 0,2 с. Принцип защиты основан на ограничении времени протекания опасного тока через тело человека.

Существуют различные схемы защитного отключения, одна из них, основанная на использовании реле напряжения.

При замыкании фазного провода на заземленный или зануленный корпус электроустановки, на нем возникает напряжение корпуса. Если оно превышает заранее установленное предельно допустимое напряжение, срабатывает защитное отключающее устройство. Защитное отключение рекомендуется применять тогда, когда электробезопасность не может быть обеспечена с помощью заземления или зануления, а также, если эти устройства вызывают трудности в применении:

в передвижных установках напряжением до 1000 В;

для отключения электрооборудования, удаленного от источника питания, как дополнение к занулению;

в электрифицированном инструменте как дополнение защитному заземлению или занулению;

в скальных и мерзлых грунтах при невозможности выполнить необходимое заземление.

Организационные мероприятия, обеспечивающие безопасную эксплуатацию электроустановок. К ним

относятся оформление соответствующих работ нарядом или распоряжением, допуск к работе, надзор за проведением работ, строгое соблюдение режима труда и отдыха, переходов на другие работы и окончания работ.

Нарядом для проведения работы в электроустановках называют составленное на специальном бланке задание на ее безопасное производство, определяющее содержание, место, время начала и окончания работы, необходимые меры безопасности, состав бригад и лиц, ответственных за безопасность выполнения работ. Распоряжением называют то же задание на безопасное производство работы, но с указанием содержания работы, места, времени и лиц, которым поручено ее выполнение.

Все работы на токопроводящих частях электроустановок под напряжением и со снятием напряжения выполняют по наряду, кроме кратковременных работ (продолжительностью не более 1 ч), требующих участия не более трех человек. Эти работы выполняют по распоряжению.

К организационным мероприятиям также относятся обучение персонала правильным приемам работы с присвоением работникам, обслуживающим электроустановки, соответствующих квалификационных групп.

Оказание первой помощи пораженному электрическим током.

Первая помощь человеку, пораженному электрическим током, состоит из двух этапов: освобождение пострадавшего от воздействия электрического тока и оказание ему первой помощи.

Если человек прикоснулся к токопроводящей части электроустановки и не может самостоятельно освободиться от воздействия тока, то присутствующим необходимо оказать ему помощь. Для этого следует быстро отключить электропроводку с помощью выключателя, рубильника и т.д. Если быстро отключить электроустановку от сети невозможно, то оказывающий помощь должен отделить пострадавшего от токопроводящей части. При этом следует иметь в виду, что без применения необходимых мер предосторожности нельзя прикасаться к человеку, находящемуся в цепи тока, так как можно самому попасть под напряжение.

Если пострадавший попал под действие напряжения до 1000 В, токопроводящую часть от него можно отделить сухим канатом, палкой или доской, или оттянуть пострадавшего за одежду, если она сухая. Руки оказывающего помощь следует защитить диэлектрическими перчатками, на ноги необходимо надеть резиновую обувь или встать на изолирующую подставку (сухую доску).

Если перечисленные меры не дали результата, допускается перерубить провод топором с сухой деревянной рукояткой или перерезать его другим инструментом с изолированными ручками.

При напряжении, превышающем 1000 В, лица, оказывающие помощь, должны работать в диэлектрических перчатках и обуви и оттягивать пострадавшего от

провода специальными инструментами, предназначенными для данного напряжения (штангой или клещами). Рекомендуется также накоротко замкнуть все провода линии электропередачи, набросив на них соединенный с землей провод.

После освобождения пострадавшего от воздействия электрического тока ему оказывают доврачебную медицинскую помощь. Если получивший электротравму находится в сознании, ему необходимо обеспечить полный покой до прибытия врача или срочно доставить в лечебное учреждение.

Если человек потерял сознание, но дыхание и работа сердца сохранились, пострадавшего укладывают на мягкую подстилку, расстегивают пояс и одежду, обеспечивая тем самым приток свежего воздуха, и дают нюхать нашатырный спирт, обрызгивают лицо холодной водой, растирают и согревают тело. При редком и судорожном, а также ухудшающемся дыхании пострадавшему делают искусственное дыхание. При отсутствии признаков жизни искусственное дыхание сочетают с наружным массажем сердца.

#### Вопросы для самоконтроля

*Какое действие оказывает электрический ток на организм человека?*

*Что такое электротравма?*

*Какие причины электротравматизма?*

*От каких факторов зависит исход поражения электрическим током?*

*Охарактеризуйте допустимые уровни поражения и тока.*

*Перечислите основные случаи включения человека в электросеть.*

*Что такое шаговое напряжение?*

*Перечислите основные способы и средства электрозащиты и охарактеризуйте их?*

*Классификация производственных помещений по степени опасности поражения электрическим током.*

*Что такое защитное заземление и как с помощью его осуществляется защита человека от поражения электрическим током?*

*Что такое зануление и каков принцип обеспечения электробезопасности с его помощью?*



*Что такое защитное отключение и каковы принципы его работы?*

*Назовите индивидуальные средства защиты от поражения электрическим током?*

### 6.3. ПОВЫШЕННОЕ ДАВЛЕНИЕ

При проведении различных видов работ в промышленности, в быту и т. д. широко распространены различные системы повышенного давления. К ним относится следующее оборудование: нефтегазотрубопроводы, баллоны и емкости для хранения или перевозки газов, компрессоры, насосы и др.

Коэффициенты (соотношения) для перерасчета единиц давления.

Единица	Перевести в	Коэффициент
1 килограмм силы на сантиметр <sup>2</sup> (kgf/cm <sup>2</sup> )	bar	0,980665
1 килограмм силы на сантиметр <sup>2</sup> (kgf/cm <sup>2</sup> )	MPa	0,0980665
1 килограмм силы на сантиметр <sup>2</sup> (kgf/cm <sup>2</sup> )	kPa	98,0665
1 килограмм силы на сантиметр <sup>2</sup> (kgf/cm <sup>2</sup> )	PSI	14,22334
1 фунт на дюйм <sup>2</sup> (PSI)	kgf/cm <sup>2</sup>	0,07030696
1 фунт на дюйм <sup>2</sup> (PSI)	bar	0,06894757
1 бар (bar)	PSI	14,50377
1 фунт на дюйм <sup>2</sup> (PSI)	MPa	0,006894757
1 мегапаскаль (MPa)	PSI	145,035
1 килопаскаль (kPa)	bar	0,01
1 бар	kPa	100
1 мегапаскаль (MPa)	bar	10
1 бар	MPa	0,1
1 техническая атмосфера (атм)	MPa	0.0980665
1 техническая атмосфера (атм)	bar	0,980665
1 мегапаскаль (MPa)	атм	9,869233

Основной характеристикой этого оборудования является то, что давление газа или жидкости в нем превышает атмосферное и составляет более 0,07 мегапаскаля (MPa), что приблизительно равно 0,7 атм. Сосуды и баллоны вместимостью не более 0,025 м<sup>3</sup>, у которых произведение значений давления (MPa) на вместимость (м<sup>3</sup>) не превышает 0,02 не относят к оборудованию, работающему под избыточным давлением.

Основное требование к этим сосудам - *соблюдение их герметичности* на протяжении всего периода эксплуатации. Герметичность - это непроницаемость жидкостями и газами стенок и соединений, ограничивающих внутренние объемы

сосудов, работающих под давлением.

Любые сосуды, работающие под давлением, всегда представляют собой потенциальную опасность, которая при определенных условиях может трансформироваться в явную форму и повлечь тяжелые последствия. *Разгерметизация* (потеря герметичности) сосудов, работающих под давлением, достаточно часто сопровождается возникновением двух групп опасностей:

1. Взрыв сосуда или установки, работающей под давлением. *Взрывом называют быстротекающий процесс физических и химических превращений веществ, сопровождающийся освобождением большого количества энергии в ограниченном объеме, в результате которого в окружающем пространстве образуется ударная волна, способная создать угрозу жизни и здоровью людей.*

При взрыве может произойти разрушение здания, в котором расположены сосуды, работающие под давлением, или его частей, а также травмирование персонала разлетающимися осколками оборудования.

2. Свойства веществ, находящихся в оборудовании, работающем под давлением. Так, обслуживающий персонал может получить термические ожоги, если в разгерметизировавшейся установке находились вещества с высокой или низкой температурой. Если в сосуде находились агрессивные вещества, то работающие могут получить химические ожоги; кроме того, при этом возникает опасность отравления персонала. Радиационная опасность возникает при разгерметизации установок, содержащих различные радиоактивные вещества.

Рассмотрим основные виды сосудов и аппаратов, работающих под давлением.

*Трубопроводы* - это устройства для транспортировки жидкостей и газов. По существующему ГОСТ 14202-69 все жидкости и газы, транспортируемые по ним разбиты на десять групп. Для определения вида вещества, транспортируемого по трубопроводам, их окрашивают в соответствующие цвета (опознавательная окраска): вода - *зеленый*, пар - *красный*, воздух - *синий*, газы горючие и негорючие - *желтый*, кислоты - *оранжевый*, щелочи - *фиолетовый*, жидкости горючие и негорючие - *коричневый*, прочие вещества - *серый*.

Кроме опознавательной окраски на трубопроводы наносят краской

предупредительные (сигнальные) цветные кольца. Цвет наносимого кольца и транспортируемые вещества, следующие: красный - *взрывоопасные, огнеопасные, легковоспламеняющиеся*, зеленый - *безопасные или нейтральные*, желтый - *токсичные* или иной вид опасности.

Количество сигнальных колец определяет степень опасности.

*Баллоны* - это сосуды для транспортировки и хранения сжатых и растворенных газов. Различают (согласно ГОСТ 949-73) баллоны малой (0,4 - 12л), средней (20 - 50 л) и большой (80 - 500 л) вместимости. В зависимости от содержащихся газов баллоны окрашивают в соответствующие сигнальные цвета, а также на их поверхность наносят надпись, указывающую вид газа, а в ряде случаев - отличительные полосы.

В верхней части каждого стального баллона выбиты следующие данные: товарный знак предприятия-изготовителя; дата (месяц и год) изготовления (последнего испытания) и год следующего испытания; вид термообработки материала баллона; рабочее и пробное гидравлическое давление, МПа; емкость баллона, л; масса баллона, кг; клеймо ОТК.

*Криогенные сосуды* предназначены для хранения и транспортировки различных сжиженных газов: воздуха, кислорода, аргона и др. В соответствии с ГОСТом 16024-79 Е их выпускают шести типоразмеров: 3; 6; 10; 16; 25 и 40 л. Эти сосуды маркируются следующим образом: например СК-40 - сосуд криогенный емкостью 40 л. Снаружи их окрашивают серебристой или белой эмалью и посередине наносят отличительную полосу с названием сжиженного газа, находящегося в сосуде. Кроме рассмотренных сосудов для хранения больших количеств сжиженных газов используют стационарные резервуары (объемом до 500 тыс. л и более), а для их перевозки - транспортные сосуды цистерны, имеющие объем до 35 тыс. л.

*Газгольдеры* предназначены: для хранения больших количеств сжатых газов. Газ находится под одним из следующих давлений: менее 25; 32 и 40 МПа. Газгольдеры низкого давления рассчитаны на большой объем хранимых газов: 10-3\*10 л. Кроме рассмотренных герметичных устройств и установок применяют также автоклавы, компрессоры, котлы.

*Автоклавы* - герметичные установки, предназначенные для проведения

различных тепловых и химических процессов под повышенным давлением.

*Компрессоры* - устройства для получения сжатого воздуха давлением свыше  $3 \cdot 10^5$  Па.

В нашей стране обеспечение безопасности работы герметичных устройств регламентируется нормативным документом: «Правила устройства и безопасной эксплуатации стационарных компрессорных установок, воздухопроводов и газопроводов» и др.

Рассмотрим основные причины, приводящие к разгерметизации сосудов, работающих под давлением. Их принято делить на эксплуатационные и технологические.

Первой *эксплуатационной* причиной является разгерметизация, приводящая к образованию взрывоопасных смесей, состоящих из горючих газов, паров или жидкостей и окислителя. Примером таких смесей могут служить ацетилен и кислород, водород и кислород, пары этилового спирта и кислород и др.

Вторая *эксплуатационная* причина разгерметизации установок и аппаратов, работающих под давлением, - это постепенное разрушение конструкционных материалов, из которых эти установки изготовлены. Примерами таких процессов могут служить коррозия стенок аппаратов, образование накипи на стенках котлов, уменьшение прочностных свойств материалов установок и др. Для того чтобы исключить влияние этих процессов, необходимо своевременно и качественно проводить профилактические и ремонтные работы сосудов, работающих под давлением (опрессовку), а также правильно их эксплуатировать.

Технологические причины разгерметизации - это различные дефекты (трещины, вмятины, дефекты сварки и др.), возникшие при изготовлении, хранении и транспортировке сосудов, работающих под давлением.

На все установки под давлением согласно ПРИКАЗу от 25 марта 2014 г. N 116 ФЕДЕРАЛЬНОЙ СЛУЖБЫ ПО ЭКОЛОГИЧЕСКОМУ, ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМУ И АТОМНОМУ НАДЗОРУ «ФЕДЕРАЛЬНЫЕ НОРМЫ И ПРАВИЛА В ОБЛАСТИ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ "ПРАВИЛА ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ОПАСНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ, НА

## КОТОРЫХ ИСПОЛЬЗУЕТСЯ ОБОРУДОВАНИЕ, РАБОТАЮЩЕЕ ПОД ИЗБЫТОЧНЫМ ДАВЛЕНИЕМ"

устанавливается контрольно-измерительная аппаратура, защитная аппаратура (клапана). Для них обязательны гидравлические испытания.

### Цвета окраски баллонов

Газ	Цвет окраски	Текст надписи	Цвет надписи	Цвет полосы
Азот	Черный	Азот	Желтый	Коричневый
Аммиак	Желтый	Аммиак	Черный	—
Аргон технический	Черный	Аргон технический	Синий	Синий
Ацетилен	Белый	Ацетилен	Красный	—
Бутан	Красный	Бутан	Белый	—
Водород	Темно зеленый	Водород	Красный	—
Воздух	Черный	Сжатый воздух	Белый	—
Кислород	Голубой	Кислород	Черный	—
Углекислота	Черный	Углекислота	Желтый	—
Другие Газы	горючие Красный	Наименование	Белый	—
Другие Газы	негорючие Черный	Наименование	Желтый	—

Для своевременного обнаружения этих дефектов применяют различные методы контроля: внешний осмотр сосудов и аппаратов, работающих под давлением, неразрушающие методы контроля (люминесцентные, ультразвуковые и рентгеновские методы), гидравлические испытания сосудов, механические испытания материалов, из которых изготовлены сосуды, и др.

Меры безопасности при эксплуатации газовых баллонов:

- газовые баллоны необходимо хранить в вертикальном положении в проветриваемом помещении или под навесами. Их следует защищать от действия прямых солнечных лучей и осадков. Баллоны не должны храниться на расстоянии менее 1 м от радиаторов отопления и ближе 5 м от открытого огня;
- нельзя переносить баллоны на плечах или руками в обхват;
- эксплуатировать можно только исправные баллоны. Их надо

устанавливать вертикально на месте проведения работ и надежно закреплять для предохранения от падения. Установленный баллон должен быть надежно защищен от воздействия открытого огня, теплового излучения и прямых солнечных лучей.

#### Вопросы для самоконтроля

1. Дайте определение понятия «сосуд, работающий под давлением».
2. Какие виды сосудов, работающих под давлением, вы знаете?
3. Что такое сигнальная окраска трубопроводов?
4. Перечислите цвета окраски баллонов.
5. Каковы основные условия безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением?
6. Как необходимо хранить и транспортировать сосуды, работающие под давлением?