## БЕЗОПАСНОСТЬ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ КРИОГЕННЫХ УСТАНОВОК

В промышленности широко применяются установки с криогенными продуктами – веществами или смесями веществ, находящихся при криогенных температурах 0-120˚К (-273 - 153˚С). Это продукты низкотемпературного разделения: кислород, азот, водород, гелий, аргон, неон, криптон, ксенон, озон, фтор, метан и пр.

Кислород – самый распространенный элемент земной коры, входит в состав атмосферного воздуха, в связанном состоянии входит в состав воды, минералов, горных пород, и всех веществ, из которых построены организмы растений и животных (общее количество кислорода в земной коре около 47%). Кислород – бесцветный газ, не имеющий запаха, он немного тяжелее воздуха j = 1,43 г/см3 (воздуха, 1,293 г/см3), хорошо растворим в воде. Кислород – сильнейший окислитель. Получают чистый кислород разделением (реактификацией) жидкого воздуха, при температуре - 140˚С и давлении около 4 МПа, воздух конденсируется в бесцветную прозрачную жидкость. Жидкий воздух используется, главным образом, для получения кислорода, азота и благородных газов. Поскольку температура кипения кислорода ( - 183˚С), лежит выше, чем температура кипения азота (-195,8˚С), то кислород легче превратить в жидкость, чем азот.

Работа с жидким кислородом и его производными связана с высокой опасностью – взрывопожароопасностью (горение всех веществ при соприкосновении с жидким кислородом происходит более активно при высокой температуре с выделением огромного количества тепла). Вдыхание чистого кислорода при нормальном давлении на протяжении 5 часов ведет к отравлению организма, а при давлении 0,5 МПа отравление наступает в течение нескольких минут. Кислород в чистом виде широко используют в медицине, ракетостроении, металлургии, химической промышленности и т.д. В технике, в основном применяется технический кислород (содержащий незначительное количество азота и других примесей).

Азот является основной составляющей воздуха (78,2%). Так как азот является обязательной составляющей частью белка, то можно сказать, что без азота нет жизни. В земной коре азота содержится всего 0,04%. Азот – бесцветный газ, не имеющий запаха и весьма мало растворимый в воде. Немного легче воздуха, j = 1,25 г/см3. Азот - жидкий газ, поэтому его используют для создания жидкой среды при перекачке горючих жидкостей, при тушении горючих веществ, для заполнения электрических ламп и т.д. Животные, как и человек, помещенные в атмосферу азота, быстро погибают, но не вследствие ядовитости азота, а из-за отсутствия кислорода. В техническом азоте содержится до 4% кислорода.

Вследствие преимущественного испарения из жидкого воздуха азота, жидкий воздух быстро обогащается кислородом и при содержании в нем 60-70% кислорода образует взрыво - и пожароопасные смеси.

При обычных условиях озон – газ. Молекулярная масса озона равна 48 (атомная масса кислорода 16), следовательно, молекула озона состоит из трех атомов кислорода – О3. Растворимость озона в воде выше, чем кислорода. Озон – один из сильнейших окислителей, он убивает бактерии и поэтому применяется для обеззараживания воды и дезинфекции воздуха. Озон ядовит, предельно-допустимая концентрация озона в воздухе 10-5%, при этой концентрации хорошо ощущается его запах (в приземном слое атмосферы при грозовых разрядах его содержание колеблется в пределах 10-7 – 10-6%), газ не устойчив и легко распадается на атомы кислорода. Его получают в результате сильного охлаждения, он конденсируется в синюю жидкость, кипящую при –111,9оС. При концентрациях более 0,1мг/м3 озон оказывает вредное влияние на организм. В твердом состоянии озон способен к образованию взрывоопасных смесей с выделением огромного количества тепла.

Водород в свободном состоянии встречается на земле в небольших количествах, он входит в состав растительного и животного мира, углеводородов (нефть, газ и др.). На долю водорода в земной коре, считая воздух и воду, приходится около 1%. Водород самый распространенный элемент космоса. Водород самый легкий из всех газов, j = 0.09г/см3 (в 14,5 раза легче воздуха). Получают промышленный водород из природного газа. При температуре –240оС (критическая температура водорода) он под давлением сжижается. В смеси с кислородом он образует (соотношение 2 объема водорода и 1 объем кислорода) гремучий газ, взрыв происходит мгновенно. При сгорании водорода температура достигает 2800оС (несветящееся пламя с образованием воды). Водородно-кислородными смесями пользуются для сварки и резки тугоплавких металлов.

Метан довольно часто встречается в природе – основная часть природного газа (97%), попутный продукт болотного газа, рудничного газа. Это бесцветный, легкий горючий газ, не имеющий запаха и почти не растворим в воде. Температура его кипения –161,5оС. С кислородом воздуха метан образует пожаро- и взрывоопасные смеси.

Гелий, неон, аргон, криптон, ксенон и радон составляют благородные газы, элементы очень низкой активности (инертные газы). Температура сжижения при нормальном атмосферном давлении: гелия –268,9оС; неона –246оС; аргона –185,9оС; криптона –153,2оС; ксенона –108,1оС; радона –61,9оС. Нахождение человека в среде инертных газов из-за отсутствия кислорода приводит к потере сознания. Криптон, ксенон, неон и аргон получают из воздуха путем его разделения при глубоком охлаждении. Применяются в металлургии для создания инертной среды при плавке высококачественных металлов, а также для заполнения ламп дневного света. Гелий получают из некоторых природных газов, в которых он содержится как продукт распада радиоактивных элементов. Радон является разновидностью газов требующих особых мер безопасности.

Основные опасности при работе с криогенными продуктами:

низкие температуры криогенных продуктов;

обмораживание при контакте с криогенными продуктами, вследствие глубокого охлаждения;

ожоги легких при вдыхании паров, ожоги открытых участков тела и глаз при соприкосновении с предметами и оборудованием криогенных установок;

возможное повышение давления при хранении и транспортировке криогенных продуктов, термическое деформирование, увеличение хрупкости металла при низкой температуре и разрушение оборудования из-за взрыва; утечки криогенных продуктов, вследствие разгерметизации оборудования.

Для достижения безопасности в работе криогенных установок необходимо соблюдение целого комплекса профилактических и организационно-технических мер.

Помещения, в которых ведется работа или хранятся криогенные продукты должны, быть сконструированы с учетом высокой пожаро - и взрывоопасности продуктов, оборудованы приточно-вытяжной вентиляцией (приток воздуха должен быть сверху, а вытяжка – снизу). Для удаления пролитых криогенных продуктов оборудуются вдоль стен специальные сливные каналы с уклоном не менее 1: 100 – 1: 500, сток в сторону аварийной вентиляции. Помещение должно быть оборудовано автоматическим включением вентиляции при достижении концентрации криогенных продуктов выше допустимой.

Криогенные установки, для снижения опасности от превышения давления, должны быть оборудованы предохранительными устройствами (клапаны, мембраны), запорной арматурой. Применение компенсационных устройств из материалов с равнозначными коэффициентами линейного расширения позволяет снизить опасность при возникновении критических деформаций из-за резкого нагрева или охлаждения. Хранение и переноску криогенных продуктов в небольших количествах следует производить в сосудах Дьюра. Для переливания необходимо использовать подставки, а при переливании в посуду применять специальные лейки.

При работе с криогенными продуктами следует применять специальную обувь, одежду, рукавицы и защитные очки, исключающие попадание криогенных продуктов на открытые участки тела. Верхняя одежда должна быть закрытой, а брюки прикрывать обувь.

Для исключения соприкосновения персонала с оборудованием, имеющим низкую температуру, применяют герметизацию и термоизоляцию, защитные ограждения. На оборудовании должны быть вывешены знаки безопасности.

Криогенное оборудование должно быть обязательно зарегистрировано в органах Госнадзора и проходить при пуске в работу, а также и периодически, техническое освидетельствование. Работать с криогенным оборудованием допускаются лица не моложе 18 лет после прохождения обучения и аттестации комиссией с выдачей удостоверения на право производства работ. Периодическая проверка знаний производится не реже 1 раза в год.

Электрические заряды, накопленные на диэлектриках вследствие трения их друг о друга или о металл, называют статическим электричеством. При трении в местах соприкосновения на поверхности диэлектрика возникает электрический заряд большой плотности, который вследствие малой электропроводности диэлектрика исчезает весьма медленно.

Электризация возникает также посредством индукции. На металле проявляется электрический заряд противоположного знака, который растекается с равномерной плотностью по его поверхности. Явления электризации возникают в самых разных условиях: при движении жидкости по трубопроводам; при сливе, наливе, перекачке и переливании жидкости падающей струей; при движении по трубопроводам и выходе из сопла сжатых и сжиженных газов; при перемешивании веществ в смесителях; при фильтрации воздуха и газа; при работе ременных передач, выполненных из различных непроводящих материалов, при измельчении, обработке и транспортировке материалов на органической или полимерной основе и т.п.

Разность потенциалов при электризации диэлектриков может достигать очень высоких напряжений. Так, например, при перекачивании бензина через трубопровод, имеющий изолированный участок, величина потенциалов между изолированным участком трубопровода и землей колеблется в пределах 1460-14600 В.

Накопившаяся энергия представляет большую опасность и может проявиться в виде искрового разряда. Освободившаяся в виде искры энергия 0,01 Дж способна обусловить возникновение пожара и взрыва. Опасность искрового разряда в воздухе возникает уже при напряжении 300 В. Для выравнивания потенциалов и предотвращения искрения все параллельно идущие трубопроводы, при расстоянии между ними до 100 мм, следует соединить между собой перемычками через 20-25 м. Каждая система оборудования и трубопроводов должна быть заземлена не менее, чем в двух местах. Наличие заземления необходимо проверять мегомметром или тестером не реже одною раза в шесть месяцев и после каждого ремонта оборудования.

Для снятия электростатических зарядов, возникающих при наливе, перекачке и транспортировке нефтепродукта, все металлические насосы, трубопроводы, цистерны и другие устройства необходимо металлически соединить между собой. Ручные приемники (бочки, бидоны) должны быть хорошо заземлены либо посредством специального соединения, либо плотного контакта с объектом, если конструкция системы, снабжающей нефтепродуктом, сама хорошо заземлена.

При разливе жидкостей-диэлектриков в сосуды из изолирующих материалов (стекла и др.) следует применять воронки из электропроводящего материала, которые заземляются и с помощью медного троса соединяются с подводящим шлангом. Воронка должна достигать дна сосуда, в противном случае конец заземленного троса необходимо пропустить через воронку до дна сосуда, чтобы жидкость стекала по этому тросу.

При защите жидких и газообразных веществ от статического электричества необходимо знать, что более интенсивная электризация характерна для жидкостей, которые имеют более высокое электрическое сопротивление. При электрической проводимости менее 109 Ом/см жидкости склонны к сильной электризации.

Интенсивность электризации прямо пропорциональна скорости подачи жидкого нефтепродукта. Подача сплошной и плавной струей способствует электризации в меньшей степени, чем при свободно падающей струе с разбрызгиванием. Разность потенциалов при свободном падении струи жидкости в емкость, а также при длительном времени и большой скорости истечения жидкостей достигает 18 000-20 000 В.

Наибольшая электризация наблюдается в трубопроводах, изготовленных из низкоуглеродистых сталей. Шероховатость поверхности трубопроводов приводит к завихрениям жидкости при ее движении, из-за чего усиливается электризация нефтепродукта.

Электризация жидкости возникает и усиливается лишь в некоторых наиболее благоприятных для электризации местах (клапаны, насосы, изменения сечения трубопровода). На других участках электризованная жидкость или теряет свои заряды, или только сохраняет полученный заряд.

При наполнении емкостей следует загрузочные трубы доводить до днища; загрузку производить через отверстия с большим поперечным сечением, не допуская соприкосновения струи жидкости со стенками емкости и поверхностью жидкости. При загрузке в пустую емкость, а также если выпускаемое отверстие загрузочного патрубка невозможно погрузить в жидкость, заполнение следует производить со скоростью, не превышающей 0,5-0,7 м/с. Введение в состав нефтепродуктов антистатических присадок повышает их электропроводность, а следовательно, ослабляет опасные проявления статической электропроводности.

Сливные резиновые шланги с металлическими наконечниками для налива в бочки должны быть заземлены медной проволокой, обвитой по шлангу снаружи с шагом 0,1м или пропущенной внутри, с припайкой одного конца к металлическим частям продуктопровода, а другого - к наконечнику шланга. Наконечники шлангов должны быть изготовлены из металла (бронза, алюминий), не дающею искры при ударе. Отбор проб жидкостей из емкостей (резервуаров) во время их заполнения или опорожнения запрещается, следует производить лишь после того, как жидкость придет в спокойное состояние.

Значительное накопление статического электричества может происходить на технологическом оборудовании и представляет опасность для окружающих. Для предупреждения возможности опасных искровых разрядов с поверхности оборудования предусматривают следующие меры:

- заземление всех металлических и электропроводящих частей технологического оборудования;

- уменьшение удельного поверхностного электрического сопротивления материалов-диэлектриков; повышение относительной влажности воздуха до 65 – 70% (если это позволяет условия производства);

- охлаждение электризующих поверхностей до температуры на 10оС ниже температуры окружающей среды;

- нейтрализация разрядов статического электричества путем ионизации воздуха рабочего пространства (воздействие сильного электрического поля или радиоактивного излучения); - применение нейтрализаторов коронного разряда;

- применение гидрофильных добавок при возможности увлажнения продуктов и материалов или применение гидрофобных добавок с высокими электропроводными свойствами;

- изменение режима технологического процесса (ограничение скорости транспортировки, обработки, истечения), замена взрыво- и пожароопасных веществ на менее опасные и т.д.

- применение токопроводящих полов.

Покрытие пола и обувь считаются электропроводящими, если сопротивление между электродом, установленным на полу, и землей или между электродом внутри обуви и наружным электродом не превышает 106 Ом/см2.

Заряды статическою электричества могут накапливаться на теле человека, особенно при пользовании обувью с непроводящими электричество подошвами, одеждой и бельем из шерсти, шелка и искусственных волокон, при передвижении по непроводящему покрытию пола и при выполнении ряда ручных операций с веществами-диэлектриками.

Высокое поверхностное сопротивление тканей человека затрудняет стечение зарядов, которые накапливаются на теле, и человек длительное время может находиться под большим потенциалом. Потенциал изолированного от земли тела человека может достигать 7000В и более, а максимальная энергия, освобождающаяся при искровом разряде с него, может составлять 2,5-7,5 мДж. Человек под воздействием электростатических разрядов испытывает неприятные ощущения, удары, теряет равновесие.

При работе со взрывоопасными веществами в стесненных условиях, в помещениях, где возможно образование на теле человека электростатических зарядов, следует избегать ношения одежды из синтетических материалов (нейлона, перлона и т.п.) и шелка, а также не рекомендуется ношение колец, браслетов, на которых аккумулируются заряды статического электричества. При выполнении работ в зоне с возможным накоплением статического электричества рекомендуется его отводить при помощи электропроводной обуви, антистатического халата, электропроводной подушки стула, легко снимаемых электропроводных браслетов, соединенных с землей через сопротивление 105 - 107Ом. Хорошими электропроводными свойствами обладают покрытия из бетона, антистатического линолеума, электропроводной резины и т.д.