

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»
Институт инженерной и экологической безопасности

(наименование института полностью)

Департамент магистратуры

(наименование)

20.04.01 Техносферная безопасность

(код и наименование направления подготовки)

Управление промышленной безопасностью, охраной труда и окружающей
среды в нефтегазовом и химическом комплексах

(направленность (профиль))

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ)

на тему Методы обеспечения промышленной безопасности при производстве азота на АО «Сызранский нефтеперерабатывающий завод»

Студент

П.В. Богданов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Научный
руководитель

к.т.н., доцент, В.А. Филимонов

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

Консультант

к.п.н., доцент, В.В. Петрова

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

Тольятти 2020

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ И ОБОЗНАЧЕНИЙ.....	8
1 Теоретические основы обеспечения промышленной безопасности при производстве азота.....	9
1.1 Способы получения азота в промышленности.....	9
1.2 Основные опасности при работе на воздухоразделительных установках.....	13
2 Рассмотрение и анализ решений, направленных на обеспечение промышленной безопасности при производстве азота на АО «СНПЗ».....	32
2.1 Характеристика цеха производства азота АО «Сызранского НПЗ».....	32
2.2 Анализ методов промышленной безопасности.....	36
3 Исследование рисков, возникающих в процессе производства азота на АО «СНПЗ».....	58
3.1 Исследование рисков скопления кислорода в продукционном азоте при его длительном хранении.....	58
3.2 Исследование работы конденсатора в условиях, приближенных к опасным.....	67
3.3 Исследование надежности предохранительных клапанов в работе при отрицательных температурах колонны разделения.....	71
4 Разработка мероприятий по обеспечению промышленной безопасности при производстве азота на АО «СНПЗ».....	75
4.1 Рекомендации по обеспечению безопасной эксплуатации ректификационной колонны воздухоразделительной установки ВРУ А-1,5.....	75
4.2 Мероприятия по обеспечению безопасных условий работы конденсатора на ВРУ А-1,5.....	75
4.3 Выводы и рекомендации по минимизации скопления кислорода в продукционном азоте.....	77

ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	78
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	79
Приложение А Лабораторный аналитический контроль.....	85
Приложение Б Характеристика предохранительного клапана.....	89
Приложение В Расчет пропускной способности предохранительного клапана	90
Приложение Г Протокол о принятии к рассмотрению результатов НИР.....	94

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время невозможно представить работу нефтеперерабатывающего или нефтехимического предприятия без установок по производству азота. Полученный азот в основном идет на производство азотной кислоты и аммиака, а так же, активно используется в качестве инертного газа во взрывоопасных средах.

Выполнение правил промышленной безопасности обеспечивает безопасность труда и производства, но инциденты продолжают происходить.

Вопросы, связанные с обеспечением промышленной безопасности при производстве и применении азота, очень актуальны в современном мире и требуют постоянного анализа и совершенствования.

Целью исследования является минимизация опасностей и рисков в процессе работы воздухоразделительных установок. Достигается путем разработки мероприятий, для повышения обеспечения промышленной безопасности при производстве азота на АО «СНПЗ».

Объект исследования - процесс получения азота на нефтеперерабатывающем предприятии.

Предмет исследования - опасности и риски в промышленной безопасности при производстве азота.

Задачи исследования:

- провести сравнительный анализ методов и способов обеспечения промышленной безопасности при производстве азота в отраслях промышленности;
- провести анализ проектных решений в области промышленной безопасности при производстве азота;
- провести исследования опасностей и рисков возникающих в процессе производства азота;
- разработать комплекс мер по обеспечению безопасных условий работы установки по производству азота на АО «СНПЗ».

Новизна исследования определяется следующими результатами, полученными в процессе работы:

- рассмотрены способы обеспечения промышленной безопасности на АО «СНПЗ» и отраслях промышленности;
- выявлены риски и опасности при производстве азота;
- разработана программа исследования;
- разработаны мероприятия по обеспечению промышленной безопасности.

Методы и методология проведения исследования являются:

- теоретические – основанные на подсчете данных из эксплуатационной и нормативной документации установки производства азота;
- практические – проведенные с применением средств измерений непосредственно на оборудовании в режиме эксплуатации и других режимах;
- анализ – применяемый при изучении методов обеспечения промышленной безопасности при производстве азота на АО «СНПЗ»;
- аналогия – проводимая при рассмотрении методов безопасности в других отраслях промышленности, применимые к объекту исследования.

Теоретическая научная и практическая значимость диссертации заключается в том, что:

- глубоко освещены проблемы безопасности при производстве азота;
- результаты исследования могут дать основу для разработки новых методик эксплуатации оборудования для производства азота;
- данные методы могут быть применены для подобного оборудования установок производства азота в других предприятиях и отраслях промышленности.

Научная обоснованность и достоверность результатов исследования обеспечивались:

- правильно подобранными средствами измерениями для проведения исследования;
- использованием комплекса современных теоретических методов;
- всесторонним анализом литературных источников по теме исследования.

Научные положения и результаты исследования, выносимые на защиту.

- выводы по анализу проектных решений обеспечения промышленной безопасности при производстве азота.
- результаты исследования опасностей и рисков возникающих в процессе производства азота;
- рекомендации по обеспечению промышленной безопасности при производстве азота, сделанных на основе проведенных исследований.

Апробация результатов докладывались на следующих конференциях:

- XLVIII Международная научно-практическая конференция «Экспериментальные и теоретические исследования в современной науке» на тему: «Минимизация рисков скопления кислорода в продукционном азоте за счет изменение периодичности отогрева криогенного резервуара»
- XLVIII Международная научно-практическая конференция «Экспериментальные и теоретические исследования в современной науке» на тему: «Методы обеспечения безопасной работы блока разделения на установке по производству азота ВРУ А-1,5».

Личный вклад в исследование состоит в:

- изучении и применении необходимой литературы и нормативной документации;
- подборе и изучении необходимых методов исследования;
- подготовке и применении соответствующих средств измерений;
- проведении расчетов;
- анализе результатов исследования.

– разработке мероприятий по обеспечению безопасности объекта исследования.

Структура магистерской диссертации.

Диссертация состоит из введения, 4 разделов, заключения и списка использованной литературы. Основная часть исследования изложена на 94 страницах, текст иллюстрирован 4 таблицами, 3 рисунками.

ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ И ОБОЗНАЧЕНИЙ

В настоящей ВКР применяются следующие сокращения и обозначения:

АО «СНПЗ» – Акционерное общество «Сызранский нефтеперерабатывающий завод»;

НПЗ – нефтеперерабатывающий завод;

ЦПА – цех производства азота;

КЦА – короткоцикловая адсорбция;

ВРУ – воздуходелительная установка;

ВРУ А-1,5 – воздуходелительная установка, азот, 1500 м³/ч;

ОПО – опасно производственный объект;

ОЗХ – общезаводское хозяйство;

КИП – контрольно-измерительные приборы;

ТИП – теплоизоляционное пространство;

УРС – клапан вакуумный угловой ручной специальный;

РЦВ – резервуар цилиндрический вертикальный;

БСХ – системы хранения и газификации жидкого азота;

СБ и ПАЗ – система блокировок и противоаварийной защиты;

ПАЗ – противоаварийная защита;

АСУТП – автоматизированная система управления технологическим процессом;

СИЗ – средства индивидуальной защиты;

ЛНД – локально-нормативный документ.

1 Теоретические основы обеспечения промышленной безопасности при производстве азота

1.1 Способы получения азота в промышленности

Абсолютно все способы получения азота в промышленности основаны на разделении атмосферного воздуха, который содержит около 75 процентов целевого продукта. Другие методы очень затратами и становятся не целесообразными, они используются в исследовательских лабораториях. В отраслях промышленности азот получают как для собственных нужд, так и в виде товарной продукции. С воздуходелительных установок азот может поступать непосредственно к потребителям по средства трубопроводов, закачивается в баллоны, а также сжижаться для хранения и транспортировки.

Технология производства азота в промышленности делится на три метода:

- криогенный;
- мембранный;
- адсорбционный.

Криогенный метод.

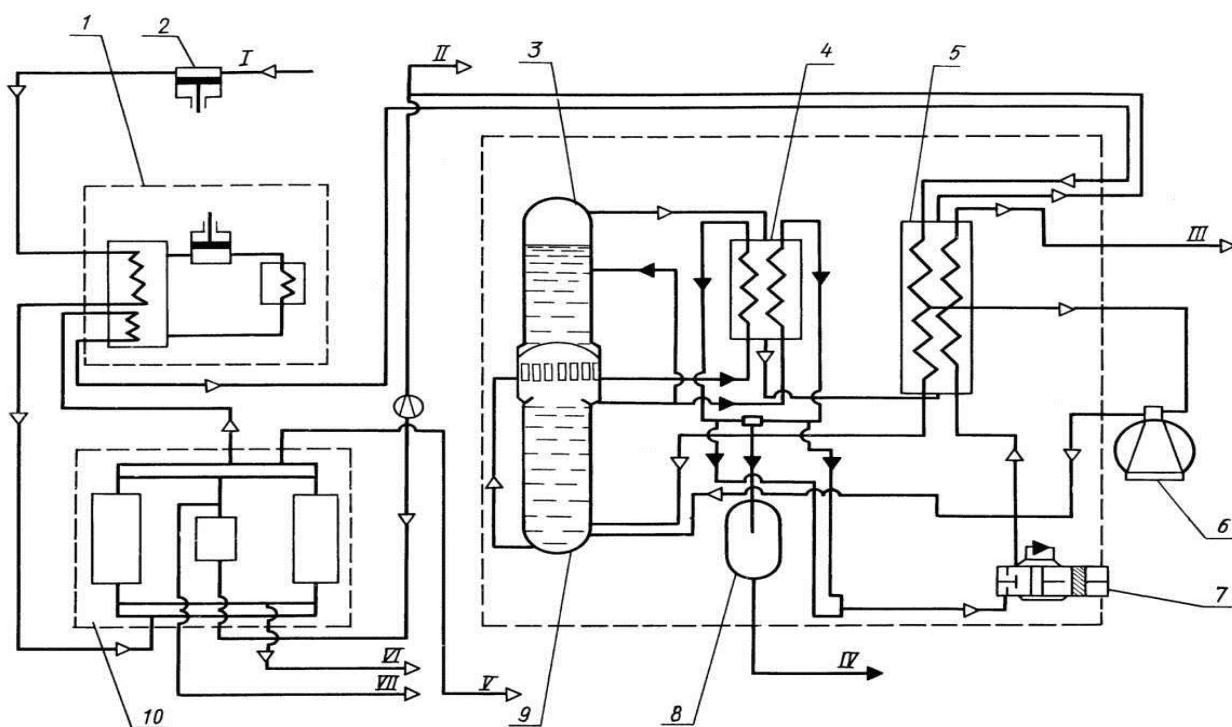
Процесс разделения воздуха, показанный на Рисунке 1.1 [36] является основным методом получения азота высокой чистоты в современной технологии. Основой комплекса процессов разделения воздуха, является процесс ректификации, базирующийся на различии в температурах кипения отдельных компонентов воздуха. Для осуществления этого процесса требуется переход компонентов воздуха в жидкое состояние и, следовательно, получения и поддержания очень низких температур, что является основной задачей, организации цикла глубокого охлаждения воздуха.

Процесс разделения воздуха на отдельные компоненты с балансом холодильного цикла не связан, но требует для своего осуществления

определенных физических условий и потому влияет на построение холодильного цикла, ограничивая возможные его параметры.

Совмещение в примененной технологической схеме процессов, связанных с разделением, и холодильного цикла значительно упрощает весь технический комплекс воздухоразделительной установки. Сжижение воздуха служит только промежуточной стадией всего цикла разделения и его осуществление носит регенеративный характер, то есть сжижение происходит в основном вследствие последующего испарения получаемой жидкости и нагрева газообразных продуктов разделения.

Положительной стороной такого совмещения является также то, что исключаются потери холода, которые дополнительно имелись бы при использовании отдельного холодильного цикла. Поэтому в цикле глубокого охлаждения, в ВРУ в качестве хладагента используется сам сжиженный перерабатываемый воздух.



1 - блок предварительного охлаждения; 2 – компрессор; 3 - верхняя колонна; 4 – переохладитель; 5 – теплообменник; 6 – турбодетандер; 7 - насос жидких газов; 8 - емкость хранения; 9 - нижняя колонна 10 - блок очистки воздуха

Рисунок 1.1-Технологическая схема криогенной установки получения азота

Мембранный метод

Чтобы понять, как добывают азот в промышленности мембранным методом «Рисунок 1.2» [37], нужно разобраться в структуре используемых для этого мембран. Они представляют собой цилиндры, в которых размещены волокна. Сжатый воздух, проходя через полимерные трубки, которые пропускают молекулы азота, оставляют остальные вещества на стенках волокон. Мембраны имеют низкую фильтрующую способность, поэтому побочный продукт - это обогащенный кислородом воздух.

Недостатком такого способа считается чувствительность мембран к масляным загрязнениям. Перед тем как получить азот, сжатый воздух очищают масла и отбивают конденсат. Максимальная чистота целевого продукта составляет не выше 95 процентов.

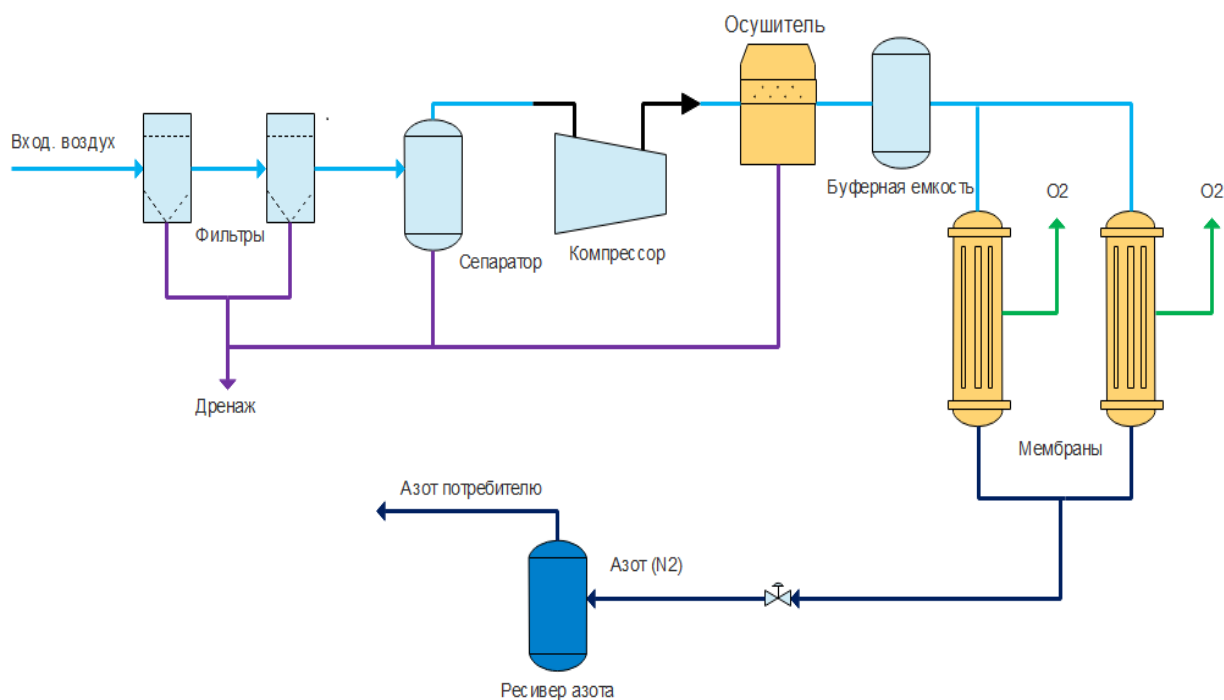


Рисунок 1.2-Технологическая схема мембранной установки получения азота

Получение азота в адсорбционных установках.

Наиболее распространенным массообменным процессом «Рисунок 1.3»[38], осуществляемым в аппаратах с неподвижным слоем твердой фазы,

является адсорбция. Такого рода процессы являются нестационарными и периодическими. При этом концентрации в твердом материале и в газе, находящихся внутри аппарата, меняются во времени. Обычно процесс длится до тех пор, пока конечная концентрация в среде, проходящей через слой твердой фазы, не превысит некоторого предельного значения после чего адсорбент подвергают регенерации, осуществляющейся обычно десорбцией.

Процесс выделения азота из атмосферного воздуха основан на принципе адсорбционного разделения газов при изменяющихся давлениях. Имеющиеся в воздухе примеси (кислород, CO, CO₂ и т.д.) адсорбируются при высоких давлениях и затем десорбируются при низком давлении. Прежде чем стать насыщенным кислородом, слой адсорбера регенерируется путем резкого уменьшения давления. Сброс давления осуществляется в специально сконструированный глушитель продувки, затем через слой адсорбента обратным потоком подается продуктовый азот с выбросом в глушитель.

Десорбция (регенерация) происходит при низком давлении для понижения остаточного содержания примесей в максимально возможной степени и тем самым достигается высокая чистота продукта.

Установка состоит из следующих основных узловых и систем:

- подогрев и фильтрация атмосферного воздуха;
- компримирование воздуха;
- воздухосборники;
- адсорберы;
- блок клапанов;
- азотные ресиверы;
- глушитель на линии продувки.

Адсорбционный процесс разделения с непрерывной подачей продукта представляет собой несколько сосудов под давлением, заполненных адсорбентом, соединительный трубопровод и соответствующие клапаны управления. Во время работы один адсорбер всегда находится в процессе

эксплуатации под высоким давлением и отделяет примеси из технологического потока, в то время как другой адсорбер регенерируется.

В конце адсорбционного цикла в слоях адсорбера начинают накапливаться примеси, которые указывают, что адсорбер загружен примесями и должен регенерироваться (десорбционный процесс).

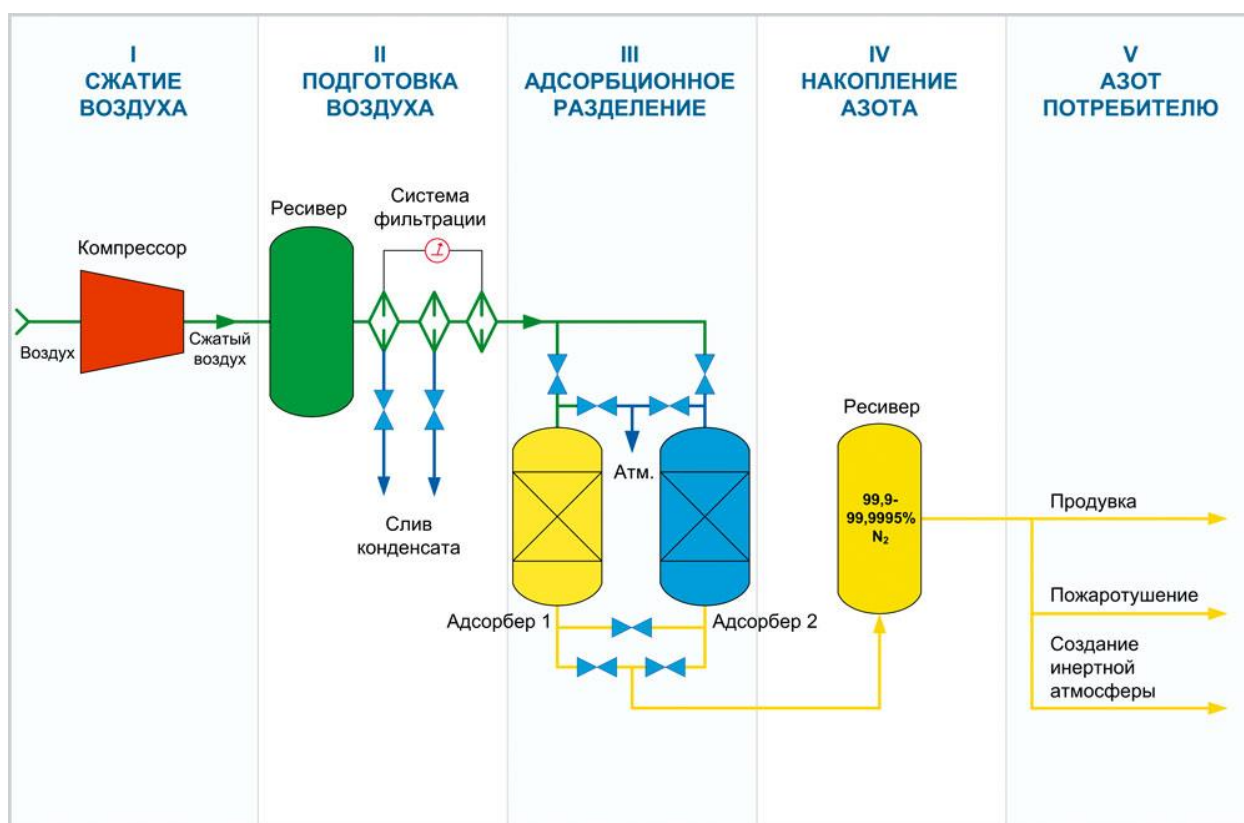


Рисунок 1.3 - Технологическая схема установки получения азота методом КЦА

1.2 Основные опасности при работе на воздухоразделительных установках

Всё многообразие опасностей и рисков, встречающихся на воздухоразделительных установках при работе с азотом, можно разделить на две группы: технологические (специфические) и общетехнические для данных производств.

К первой группе относятся технологические (специфические) факторы опасности, большинство которых может проявиться и при применении азота.

Ко второй группе относятся опасности и риски, которые связаны с сосудами, работающими под избыточным давлением, шумом, электрооборудованием, движущимися машинами, вращающимися механизмами и так далее.

В данном разделе основное внимание уделено технологическим (специфическим) опасностям и рискам при производстве и потреблении продуктов разделения воздуха:

1) Низкие температуры:

- упругость материалов;
- переохлаждение;
- обмораживание.

2) Жидкие криогенные продукты:

- образование значительных объёмов газов при испарении;
- повышение давления в замкнутом объёме.

3) Газоопасный кислород и среды с повышенным содержанием кислорода:

- пожароопасность ввиду малой энергии зажигания и высокой скорости горения многих материалов.

4) Жидкий кислород:

- образование взрывоопасных и пожароопасных систем с многочисленными веществами.

5) Среда с пониженным содержанием кислорода:

- негативное воздействие на человека, вплоть до прекращения жизнедеятельности;
- образование пиррофорных соединений, возгорающихся при повышении концентрации кислорода.

6) Накопление в аппаратах примесей, содержащихся в перерабатываемом воздухе:

- образование взрывоопасных систем.

7) Концентрирование радона при производстве криптоно-ксеноновой смеси:

- радиационное воздействие на человека.

8) Расширительные машины(детандеры):

- разрушение при переходе на разгонный режим при прекращении торможения;

- разрывы при попадании кислородосодержащих жидкостей в маслосодержащие полости.

9) Растворители:

- отравление человеческого организма.

10) Минеральная вата:

- раздражение кожи и слизистых оболочек;

- осыпание.

11) Перлит:

- поражение органов дыхания;

- осыпание;

- возникновение зон повышенного давления на элементы кожуха при газовых и жидкостных утечках.

Влияние низких температур.

Анализ физических характеристик продуктов разделения воздуха, показывает, что они имеют весьма низкие температуры кипения. В аппаратах криогенных воздуходелительных установок все наиболее важные процессы протекают при температурах от минус 183° до минус 173 °С (90° - 100° К). В этом же интервале находится и температура жидких криогенных продуктов, выводимых из установок.

Столь низкие температуры обуславливают физиологическую опасность (возможность обмороживания) при работе на криогенном оборудовании и с жидкими и газообразными криогенными продуктами.

Так называемые холодные ожоги происходят, когда поверхность тела соприкасается с криогенными жидкостями и газами, находящимися при криогенных температурах, а также с поверхностями (особенно металлическими), ими охлажденными.

Вода при низких температурах замерзает. Образовавшийся лед, повреждает и разрушает ткани и кожные покровы. Поражение тела очень напоминает термический ожог. Степень поражения зависит от продолжительности контакта с охлажденными предметами или криогенными жидкостями и ряда других факторов. Недостаточно защищенные части тела при соприкосновении с неизолированными поверхностями, охлажденными до криогенных температур, могут быстро к ним примерзнуть, а при отдергивании возможно значительное повреждение кожного покрова.

Особенности применения конструкционных материалов.

При создании оборудования, работающего в условиях криогенных температур, необходимо уделять особое внимание конструкционным материалам, так как при понижении температуры у многих из них существенно и не в благоприятную сторону изменяются некоторые физикомеханические свойства.

Для широко применяемых конструкционных материалов при понижении температуры такие характеристики, как временное сопротивление, предел текучести, предел усталости, обычно повышаются, но понижаются показатели пластичности и, что самое важное, понижается ударная вязкость. В результате этого у многих металлических материалов при низких температурах появляется склонность к хрупкому разрушению, т. е. разрушению без заметной пластической деформации, так называемое явление хладноломкости. К таким материалам относятся углеродистые и низколегированные стали, у которых ударная вязкость при понижении

температуры снижается настолько, что применение сталей этой группы при температурах ниже 230° К недопустимо.

Серьезные опасности могут возникать при охлаждении трубопроводов или арматуры, изготовленных из углеродистых или низколегированных сталей, во время нештатных ситуаций в местах, где при нормальном протекании процесса должны поддерживаться положительные температуры (теплые концы теплообменной аппаратуры, трубопроводы и арматура после испарителей жидких криогенных продуктов и т. п.).

Для среднелегированных мартенситных сталей (0Н9), и высоколегированных сталей аустенитного класса (Х18Н10), являющихся основными конструкционными материалами в криогенной технике, характерны достаточно высокие показатели вязкости и пластичности при низких температурах. В то же время их прочностные характеристики подчиняются тем же закономерностям, что и у углеродистых низколегированных сталей. Однако при этом показатели пластичности снижаются с понижением температуры в значительно меньшей степени, чем у низколегированных сталей, и остаются достаточными для обеспечения их надежной работы вплоть до гелиевых температур.

В последние годы все шире используются аустенитные стали, упрочненные азотом (в России - сталь ОЗХ19АГЗН 10, в США - AISI 304LN), что позволяет уменьшить металлоемкость работающих в криогенных условиях основных несущих элементов на 30 процентов по сравнению с металлоемкостью элементов из сталей типа Х18Н10.

Изоляционные материалы.

Использование в оборудовании изоляционных материалов связано с рядом опасностей.

Минеральная вата - длительное время была основным изоляционным материалом на воздухоразделительных установках. Она состоит из очень тонких стеклоподобных волокон. При контакте минеральной ваты или ее

пыли с кожными покровами и слизистыми оболочками появляется длительное раздражение, возможны аллергические явления.

Песок перлитовый вспученный (далее перлит) - основной изоляционный материал, используемый в крупных и средних ВРУ. Представляет собой мелкий порошок диаметром частиц около 0,2 - 1,25 мм с преобладанием мелких частиц. Перлит относится к сыпучим материалам, имеющим большое сцепление между частицами. Угол откоса перлита, соответствующего требованиям технических условий, составляет около 45°. Физические характеристики перлита в значительной степени зависят от его влажности и технологии загрузки в блок разделения. Поэтому крайне важным является безусловное выполнение указаний изготовителя по технологии загрузки, выгрузки и хранения перлита.

При контакте со слизистыми оболочками возможны раздражения и аллергические явления.

Человек, попав в массу перлита, может утонуть и задохнуться. Серьезные опасности, могут возникать при осыпании перлита в отсеках, где проводятся ремонтные работы. Осыпание перлита, в незаполненные изоляцией объемы может приводить к разрушению кожуха блока разделения и выбросам перлита за пределы установки.

Весьма опасна продолжительная работа установок с газовыми или жидкостными утечками во внутриблочном пространстве, заполненном перлитом. Такие утечки приводят к интенсивному истиранию перлита и могут сопровождаться интенсивным абразивным истиранием стенок близлежащих аппаратов, арматуры и трубопроводов вплоть до их разрушения.

При эксплуатации изолированных перлитом установок обязательными являются наддув сухим газом внутриблочного пространства. Также необходимо контролировать расхода газа, предназначенного для поддержания заданного давления, и исправное состояние средств,

препятствующих повышению давления во внутриблочном пространстве (предохранительные мембраны, регуляторы давления).

Совместимость материалов с кислородом.

В связи с высокой химической активностью кислород способен окислять большинство известных веществ и материалов. В зависимости от условий (давления и температуры), а также агрегатного состояния материалов (газы, жидкости, порошки, монокристаллы и т. п.) их окисление происходит с различной скоростью. При определенных для каждого материала условиях окисление может протекать в виде горения или взрыва с выделением значительных количеств энергии.

Наиболее подробно вопросы, связанные с совместимостью материалов с кислородом, рассмотрены в работе [22].

Большое количество энергии, выделяющейся при горении металлов, является основной причиной серьезных последствий, возникающих при загораниях в кислородных средах.

В процессах воспламенения материалов в среде кислорода решающую роль обычно играют загрязняющие вещества, например масла, находящиеся на поверхности конструктивных элементов и имеющие значительно меньшую энергию зажигания. Эти вещества воспламеняются в первую очередь и затем могут инициировать зажигание металла.

Известно очень много загораний, причиной которых были либо несовместимость использованных материалов с кислородом, либо накопление в изделии загрязняющих веществ.

Возможность загорания материалов в контакте с кислородом резко возрастает при повышении давления и температуры, причем загорание одних материалов может инициировать загорание других. Наиболее опасно загорание материалов, если при этом имеются условия для самоподдерживающегося горения, которое продолжается до тех пор, пока не выгорит весь материал или не изменятся в определенной степени условия горения (снизится давление, уменьшится концентрация кислорода).

Исследования показали, что основным параметром, определяющим возможность самоподдерживающегося горения при заданной концентрации кислорода, является давление. Чем выше давление кислорода, тем система становится потенциально опаснее и требует более внимательного отношения, как к возможности зажигания, так и к возможным последствиям воспламенения.

Введено понятие предельного давления, выше которого материал способен к самоподдерживающемуся горению. При меньших давлениях после зажигания материала и прекращения действия источника зажигания происходит затухание горения.

Для определенного материала величина предельного давления зависит от температуры, скорости потока и концентрации кислорода, от конструктивных особенностей применения материала и свойств контактирующих с ним веществ.

Влияние скорости потока окислителя на процесс горения: вначале с повышением скорости возрастают температура и тепловыделение, а затем температура может начать снижаться и иногда может происходить даже прекращение горения.

Не менее важной характеристикой процесса загорания материалов является энергия зажигания, т. е. наименьшая энергия, которую необходимо сообщить материалу для его зажигания. Величина этой энергии в значительной степени зависит от конкретных условий. В сравнении материалов пользуются данными об энергии их зажигания, полученными в определенных (стандартных) условиях.

Диапазон изменения значений энергии зажигания, для различных материалов при давлениях от 9,8-104 до 14,7-106 Па характеризуется следующими данными, Дж:

- металлы 400-3000
- пленки масел 0,11
- пары масел 1,3

- неметаллические материалы (прокладочные, уплотнительные и т. п.) 0,0425

Таким образом, наиболее слабыми в пожароопасном отношении элементами конструкции оборудования являются детали из различных неметаллических материалов и металлические детали, загрязненные маслами.

В связи с этим, один из основных принципов обеспечения безопасности кислородного оборудования состоит в исключении присутствия на поверхностях контактирующих с кислородсодержащими средами жиромасляных отложений в количествах, при которых возможно горение этих отложений.

Внутренние поверхности оборудования могут быть загрязнены маслоподобными веществами в результате:

- неудовлетворительного удаления антикоррозионных и других покрытий, использовавшихся при консервации;
- неудовлетворительного удаления различных эмульсий и масел, использовавшихся при изготовлении деталей и узлов;
- случайного загрязнения при монтажных и сборочных работах; накопления загрязнений внутри оборудования при его работе. Последнее, например, может происходить в воздухоразделительных установках, перерабатывающих воздух, загрязненный маслом в поршневых компрессорах или в детандерах, а также в резервуарах и испарителях, работающих на жидком кислороде, загрязненном маслом.

Удаление масляных загрязнений обеспечивается обезжириванием, которое проводится после окончания сборочных, монтажных и ремонтных работ, а также в необходимых случаях в процессе эксплуатации оборудования.

Пожароопасность.

Наибольшая опасность для персонала при работе с кислородом возникает при попадании кислорода в помещение, где работают люди. В

этом случае кислород заполняет поры тканей, как бы пропитывает одежду, и она долго остается легко воспламеняемой. Загорание одежды может произойти от искры, папиросы, от разряда статического электричества, возникающего при трении одежды из синтетических материалов, шерсти и шелка.

Скорость горения одежды в атмосфере, обогащенной кислородом, весьма велика. Если, при содержании кислорода в воздухе 21 процент, загорание хлопчатобумажной материи при соприкосновении с нагретой электрической спиралью происходит через 10 секунд, то при увеличении содержания кислорода до 30 процентов, загорание происходит через 3 секунды.

Возможны также случаи воспламенения волос, пропитанных кислородом, при их расчёсывании в связи с возникновением при этом разрядов статического электричества. (Во всяком случае, этим можно объяснить один несчастный случай, произошедший с рабочим во время протирки спиртом кислородной цистерны, перед возникновением пожара он расчесывал волосы.)

Опасность воспламенения одежды значительно возрастает в тех случаях, когда огневые работы проводят в местах, где возможно повышенное содержание кислорода.

Известны также случаи воспламенения пропитанной кислородом одежды от искр, возникающих от ударов и трения металлических предметов, подкованных сапог. Немало несчастных случаев произошло при курении и зажигании спичек в недозволённых местах.

Во время одного несчастного случая при выполнении огневых ремонтных работ содержание кислорода в воздухе достигло 35 процентов (анализ перед началом работ не был сделан). От попадания искры вспыхнула брезентовая одежда на газосварщике. Одежда остальных рабочих, пытавшихся оказать помощь пострадавшему, также вспыхнула, нанеся им тяжёлые ожоги.

В случае аварийного попадания в помещения цеха значительных количеств жидкого или газообразного кислорода при концентрации его в воздухе более 23 процентов необходимо срочно отключить электрооборудование и включить аварийную вентиляцию, а затем покинуть помещение. Продолжение работ в помещении допустимо только после снижения концентрации кислорода в воздухе до нормы.

Следует обратить внимание на безусловную необходимость тщательного тушения предметов, случайно загоревшихся при проведении огневых работ или начавших тлеть. Это связано с тем, что при последующем повышении концентрации кислорода в атмосфере даже слаботлеющие предметы (бумага, дерево, ткани и тому подобное) способны вновь воспламеняться.

Плотность кислорода и кислородсодержащих смесей существенно выше плотности воздуха, и в случае утечек они накапливаются в наиболее низких местах, траншеях, приямках и т. п. Поэтому огневые и другие работы могут проводиться только после определения содержания кислорода в месте выполнения работ.

Пирофорные соединения.

Одна из специфических опасностей сред с пониженным содержанием кислорода заключается в возможности образования в них, так называемых пирофорных соединений, которые могут самопроизвольно возгораться при повышении содержания кислорода. Наиболее благоприятные условия для таких процессов могут возникать, например, в поршневых, смазываемых маслом компрессорах, компримирующих чистый азот (содержание 5 - 10 млн-1 кислорода). Если, в работающий в таких условиях компрессор, подать грязный азот (содержание кислорода 100 млн-1 и более), то может происходить интенсивное окисление находящегося в компрессоре масла и нагара, сопровождающееся воспламенением, а иногда и взрывом.

В связи с этим у потребителей, использующих инертные газы с малым содержанием кислорода (5 млн-1 и менее), или на воздуходелительных

станциях, подающих такие газы потребителям, целесообразно устанавливать специальные устройства, предотвращающие попадание к потребителю газа с повышенными концентрациями кислорода, в случаях повышения содержания кислорода в газе в результате нарушений технологического режима воздухоразделительной установки или в аварийных ситуациях. Рекомендации по проектированию таких систем разработаны ОАО «Гипрокислород». Известен случай воспламенения деревянной опалубки, находившейся в отсеке клапанных коробок азотных регенераторов, где обычно снижено содержание кислорода. Загорание произошло вследствие утечки кислорода вблизи указанного отсека. Загорания графитовых колец при разборке насосов жидкого аргона также объясняются пирофорными свойствами графита при его длительной работе в средах, обедненных кислородом.

Для предотвращения загораний, связанных с пирофорными свойствами материалов, переход оборудования от работы с глубоко очищенными от кислорода продуктами разделения воздуха к заполнению воздухом или газами с более высоким содержанием кислорода, должен выполняться достаточно медленно. При этом скорость повышения содержания кислорода, особенно в интервале от долей до десятков млн-1, должна быть как можно меньше.

Физиологическое влияние азота на организм человека.

При нормальном атмосферном давлении увеличение содержания во вдыхаемом воздухе азота и аргона неблагоприятно сказывается только в результате соответствующего уменьшения содержания кислорода. Такое понижение концентрации кислорода в воздухе весьма опасно и может быть обусловлено натеканием азота и аргона. Степень негативного воздействия недостатка кислорода на человека (асфиксия) зависит от содержания кислорода во вдыхаемом воздухе и продолжительности нахождения человека в таких условиях.

При нахождении человека в атмосфере с пониженным содержанием кислорода различают несколько степеней поражения. При содержании кислорода в воздухе от 19 до 14 процентов начинают появляться первые, подчас едва заметные признаки уменьшения содержания кислорода в крови. Дыхание становится более глубоким, пульс учащается. Наблюдается ослабление внимания и ясности сознания, а также некоторое нарушение мускульной координации. По мере увеличения времени пребывания в таких условиях негативные явления нарастают.

При содержании кислорода от 14 до 10 процентов возможна потеря сознания, нарушаются правильность суждений и чувствительность. Иногда теряется чувство боли. Наблюдаются быстрая утомляемость и чувство недомогания.

При содержании кислорода от 10 до 6 процентов могут появиться тошнота и рвота, теряется способность производить значительные мускульные усилия. До наступления этой стадии, а иногда и во время нее пострадавший не сознает опасности положения. После этого теряется способность ходить, стоять и даже ползти.

Характерно, что все указанное выше происходит совершенно безболезненно. Если пострадавший в таком состоянии оказывается в атмосфере с нормальным содержанием кислорода, то возможно оживление. Однако при этом часто остаются необратимые мозговые расстройства.

При содержании кислорода во вдыхаемом воздухе менее 6 процентов наблюдается прерывистое дыхание с все более продолжительными остановками, появляются конвульсивные движения. Затем дыхание прекращается, однако сердце после этого может биться еще несколько минут.

При вдыхании в течение короткого времени чистого азота (аргона) человек теряет сознание и падает. Если при этом он продолжает находиться в атмосфере азота (аргона), то наступает смерть.

Пострадавшего от недостатка кислорода необходимо немедленно удалить из зоны с пониженным содержанием кислорода и сразу же до

оказания специализированной медицинской помощи начать делать искусственное дыхание, удалив предварительно одежду, стесняющую или затрудняющую дыхание, по возможности надеть ему кислородную маску.

Газоопасные места.

Плотность продуктов разделения воздуха даже при комнатной температуре значительно отличается от плотности воздуха. Поэтому кислород и аргон, как более тяжелые газы, при утечках из оборудования в помещении накапливаются в траншеях, каналах и колодцах, образуя там опасные среды с ненормальным содержанием кислорода.

Наиболее опасные условия могут возникать при утечках газов в подвальные помещения и проходные тоннели, по которым проложены трубопроводы, транспортирующие кислород или аргон.

Серьезные опасности, могут возникать в результате работы кислородных и азотных компрессоров с пропусками в промежуточных охладителях, так как в этом случае охлаждающая вода насыщается компримируемым газом. Далее газ выделяется из воды в сливных трубопроводах, накапливается в канализационных колодцах и может далее перетекать в другие связанные с ними каналы.

При наличии утечек азота или аргона в закрытых неветилируемых помещениях концентрация кислорода постепенно понижается и выравнивается по всему помещению. Поэтому даже кратковременный вход в такие помещения становится опасным.

Не менее опасно может быть натекание кислорода или других газов через не плотности арматуры в отключенные аппараты и установки или машины. Постепенно вытесняя находящийся в коммуникациях воздух, кислород, заполняет в оборудовании полости, расположенные ниже отводов арматуры, предназначенной для сброса среды в атмосферу (аналогично ведет себя и аргон). Поэтому перед проведением любых работ на оборудовании, подключенном к коллекторам, в которые подаются газы с других установок,

на отсекающей арматуре необходимо устанавливать заглушки, а затем продувать оборудование воздухом.

В тех случаях, когда оборудование остановлено в резерв, заглушки на коммуникациях не устанавливаются. Однако в таких случаях необходимо после остановки агрегатов проверять плотность закрытия отсекающих вентилях и другой арматуры, через которую газ из внутренних полостей может попасть в атмосферу, и обеспечивать их закрытое положение в течение всего периода стоянки в резерве.

При остановках воздуходелительных агрегатов также необходимо, как показывает негативный опыт, тщательно проверять плотность закрытия арматуры на потоках газов, сбрасываемых из регенераторов в атмосферу через подземные глушители, так как при продолжительном заполнении кислородом таких устройств в районе их размещения могут образовываться зоны с повышенным содержанием кислорода.

В связи с этим необходимо постоянно следить за наличием и состоянием надписей, предупреждающих об опасности в районах подземных испарителей и других местах на открытом воздухе, где возможно изменение состава воздуха, и исключать возможность стоянки в таких местах автотранспорта.

Особенности обращения с жидким азотом.

Основная опасность, которая возникает при обращении с жидким азотом, заключается в том, что образующийся при его испарении газообразный азот при попадании в помещение или в зону дыхания может приводить к снижению концентрации кислорода в воздухе до значений, при которых становится невозможной нормальная жизнедеятельность организма человека.

Как уже отмечалось, при даже кратковременном пребывании в атмосфере, содержащей менее 10 - 14 процентов кислорода, человек теряет сознание без каких-либо предварительных симптомов, например наступает головокружение и т. п.

Основным условием, обеспечивающим безопасность работы с жидким азотом, является организация вентиляции и регулярного контроля содержания кислорода в воздухе.

Особенно опасно и недопустимо оставлять в закрытых помещениях на длительное время, например на ночь, ванны с жидким азотом. Перед началом работ помещения, где находились сосуды Дьюара или ванны с жидким азотом, следует тщательно проветрить.

Прежде чем войти в какой-либо резервуар или цистерну большой вместимости для хранения жидкого азота, необходимо убедиться в том, что все трубопроводы совершенно свободны от жидкости или надежно перекрыты. Затем резервуар должен быть продут воздухом, а нормальное содержание кислорода в нем должно быть подтверждено анализом, проведенным непосредственно перед началом работ. Если возникают сомнения в надежности подачи свежего воздуха в резервуар, то следует использовать дыхательный аппарат с собственным запасом кислорода или воздуха. Категорически запрещается пользоваться при этом фильтрующим противогазом.

В случае если при работе с жидким азотом или при работе в помещении, где проводят работы с ним, кто-либо из работников теряет сознание, пострадавшего следует немедленно вынести на свежий воздух и сделать искусственное дыхание. Кроме этого, необходимо сразу вызвать врача для оказания медицинской помощи. Работы в помещении можно возобновить только после того, как оно будет проветрено и содержание кислорода в воздухе будет не менее 19 процентов.

При использовании жидкого азота, для охлаждения деталей, проводимого в открытых ваннах, наряду с опасностью асфиксии, появляются серьезные опасности, связанные с возможностями загораний и взрывов.

Это обусловлено тем, что при охлаждении деталей значительная доля жидкого азота испаряется, оставшаяся жидкость соответственно обогащается кислородом. Температура кипения жидкого азота при атмосферном давлении

примерно на десять градусов ниже температуры конденсации кислорода при том же давлении. В связи с этим возможны конденсация воздуха на предметах и стенках сосудов, имеющих температуру жидкого азота, и постепенное обогащение жидкого азота кислородом. В результате этого при сколь-нибудь длительной работе ванн находящаяся в них жидкость может содержать 10 - 20 процентов и более кислорода.

Интенсивность концентрирования кислорода в ваннах зависит от их конструкции, режима дополнения свежей жидкости, количества и массы охлаждаемых деталей.

Не исключено и существенное обогащение жидкого азота кислородом при его длительном хранении в сосудах Дьюара.

В таких условиях присутствие на охлаждаемых деталях и поверхности ванн масел и других органических веществ и их накопление в ваннах может приводить к взрывам, что неоднократно было причиной тяжелых несчастных случаев.

Необходимо отметить, что одновременно с повышением содержания кислорода в жидком азоте повышается и его содержание в паре, выходящем из ванны, т. е. создаются условия для возможного загорания многих неметаллических и тканых материалов.

Оптимальной была бы, организация непрерывного контроля за содержанием кислорода в жидкости, находящейся в ваннах. Такой контроль может быть организован с применением автоматических газоанализаторов.

Возможен также непрерывный контроль состава жидкости в ваннах по ее температуре.

Предельно безопасное содержание кислорода в жидкости, используемой для охлаждения, составляет 30 процентов.

Если возможность контроля содержания кислорода в жидкости ванн и своевременной ее замены отсутствует, то в таких условиях необходимо выполнять все указанные выше меры безопасности при работе с жидким кислородом (предварительное обезжиривание ванн и охлаждаемых объектов,

исключение возможности попадания в ванны посторонних предметов и тому подобное, а также соответствующая организация работ в помещении).

Указанные выше особенности работы с жидким азотом необходимо также учитывать при работе с жидким аргоном и неоном.

Особенности обеспечения безопасности на установках короткоциклового адсорбции (КЦА).

В установках КЦА технологический процесс реализуется в условиях изменения давления. Давление в адсорберах на установках PSA меняется от 0,6 - 0,9 до 0,1 МПа, на установках VPSA а от 0,15 - 0,20 до 0,03 МПа. В связи с этим, при конструировании адсорберов и ресиверов таких установок, должна рассматриваться необходимость сохранения достаточной прочности этих аппаратов, многократно, повторяющихся в течение срока жизни аппарата.

Во время технологического цикла установок КЦА предусматривается стадия продолжительностью от 7 секунд и более, во время которой прекращается поступление воздуха в адсорберы. В этот период исключение повышения давления в ресивере и на компрессоре обеспечивается соответствующими размерами ресивера и системой поддержания заданного давления, которой оснащен компрессор. На случай каких-либо неполадок в системе регулирования давления или в переключающих потоки клапанах на аппаратах установки предусматриваются предохранительные клапаны, работоспособность которых должна систематически проверяться.

На установки КЦА в полном объеме распространяются требования к оборудованию, работающему с повышенным или пониженным содержанием кислорода.

Следует обратить внимание на то, что в адсорберы азотных установок КЦА загружены угольные молекулярные сита. При получении азота с содержанием кислорода менее 1 процент часть слоя адсорбента, находящаяся в зоне продукционного азота, становится пирофорной и может даже воспламениться при контакте с воздухом. Поэтому перед вскрытием

адсорберов азотных установок необходимо выполнить их продувку в течение 3 - 5 мин сухим воздухом в рабочем направлении. При вскрытии адсорбера контакт сорбента с атмосферным воздухом должен быть сведен до минимума, так как это может привести к заметному ухудшению адсорбционных характеристик угольных молекулярных сит и соответственно технологических показателей установки.

2 Рассмотрение и анализ решений, направленных на обеспечение промышленной безопасности при производстве азота на АО «СНПЗ»

2.1 Характеристика цеха производства азота АО «Сызранского НПЗ»

Цех производства азота предназначен для удовлетворения потребностей АО «Сызранский НПЗ» в азоте, обеспечения надежности снабжения потребителей жидким и газообразным азотом.

Цех производства азота включает в себя две установки производства азота:

- установку по производству газообразного и жидкого азота криогенного типа;
- установку по производству азота короткоциклового адсорбции.

Цех производства азота состоит из объектов:

- производственное здание ВРУ А-1,5;
- производственное здание КЦА;
- трансформаторную подстанцию;
- комплекс административно-бытовых помещений;
- группу градирен;
- межцеховые трубопроводы.

Опасность при эксплуатации цеха производства азота обусловлена следующими производственными факторами:

- проведением технологического процесса при повышенном давлении (до 1,1 МПа);
- повышенным уровнем статического электричества вследствие перемещения по трубопроводам продуктов, обладающих способностью накапливать заряды статического электричества;
- движущимися частями производственного оборудования, машин и механизмов;

- возможным повреждением изоляции электроустановок и электрических сетей, что вызывает опасность поражения электрическим током;
- наличием азота с минимальным содержанием кислорода;
- возможностью падения с высоты при обслуживании колонн, адсорберов и емкостей;
- шум, вибрация;
- повышенная/пониженная температура поверхности отдельных видов оборудования.

Установка по производству азота методом короткоциклового адсорбции предназначена для извлечения азота из окружающего воздуха, используя процесс адсорбции при переменном давлении.

Основное технологическое оборудование установки поставлено из Германии фирмой «Linde AG». Год ввода в эксплуатацию – 2018 год. Лицензиар и разработчик базового проекта компания «Linde AG». Проектировщик и разработчик Проектной документации – ПАО «СНХП», ООО «Премиум-инжиниринг», ООО «ИВИ Техномир», ООО НПП «Обеспечение безопасности». Проектировщик и разработчик Рабочей документации номер 1330.340.120529.000-Р-104.912.000 – ПАО «СНХП», ООО «Премиум-инжиниринг», ООО «ИВИ Техномир», ООО НПП «Обеспечение безопасности».

Установка производства азота входит в состав Комплекса объектов ОЗХ на АО «СНПЗ» и состоит из двух независимых технологических блоков: КЦА-1, КЦА-2, а также системы водоснабжения установки.

Первый блок КЦА-1, предназначен для разделения воздуха на продуктовый азот и отбросной газ. Разделение проводится методом короткоциклового адсорбции примесей (кислород и других примесей) и десорбции (удаление поглощенных веществ с поверхности адсорбентов). Примеси адсорбируются при высоком давлении, а затем десорбируются при низком давлении.

Блок КЦА-1 состоит из:

- 1-C1161 - воздушный компрессор, с подогревателем воздуха 1E1102;
- 1-D2731 - воздухохоборник;
- 1-A2726А, 1-A2726В - два адсорбера;
- 1-N2753 – глушитель;
- 1-D2732 – буфер азота (ресивера азота);
- станция воздуха КИП.

Производительность первого блока КЦА-1:

- по азоту - 3000 нм³/ч;
- по перерабатываемому воздуху - 12045 нм³/ч;
- качество целевого продукта: общее содержание кислорода - не более 0,1 процента.

Второй блок КЦА-2 – полностью аналогичен первому по всем характеристикам.

Диапазон устойчивой работы установки производства азота составляет 30 - 100 процентов от номинальной мощности, кроме того, отличительной особенностью установки является возможность поддерживать заданное давление в общезаводской сети азота, таким образом, автоматически изменяя свою производительность в пределах диапазона от 0 до 3000 нм³/ч. Уставка максимального давления в общезаводской сети азота составляет не более 7,5 кгс/см².

Режим работы установки непрерывный, круглосуточный, круглогодичный с двухгодичным межремонтным пробегом. Число часов работы установки в году: 1 год - 8760 часов, 2 год - 7800. Расчетное время работы 8280 часов в год.

Каждые 2 года эксплуатации или один раз в 16000 часов работы установки необходимо проводить вскрытие адсорберов поз. 1-A2726А, 1-A2726В, 2-A2726А, 2-A2726В и проверять уровень адсорбента, а также

состояние кокосовых матов, при необходимости произвести досыпку оригинального адсорбента марки Linde тип LMC 15H и замену кокосовых матов. Дополнительно необходимо отметить, что в зависимости от наработки часов воздушных компрессоров поз. 1-C1161, 2-C1161 необходимо своевременно проводить регламентные работы, предусмотренные соответствующими планами технического обслуживания центробежных, воздушных компрессоров «AtlasCopco» ZH15000-4-9

Криогенная воздухоразделительная установка по производству азота А-1,5 предназначена для получения газообразного и жидкого азота из окружающего атмосферного воздуха методом низкотемпературной ректификации. Технические данные установки приведены в таблице 2.1 [11].

Таблица 2.1 - Технические данные установки А-1,5

Наименование показателя	Режим	
	Газовый	Газожидкостной
1 Перерабатываемый воздух		
- расход, м ³ /ч	3700±100	3700±100
- давление, МПа	0,85±0,02	0,85±0,02
- температура, К(°С)	313±2(40)	313±2(40)
2 Продукты разделения:		
2.1 Азот газообразный		
- объемная производительность на выходе из установки, м ³ /ч	1500±50	1400±50
- объемная доля кислорода, % об, не более	0,0001	0,0001
- давление на выходе с установки, МПа	0,75±0,02	0,75±0,02
2.2 Азот жидкий		
- массовая производительность, кг/ч	-	80±10
- объемная доля кислорода, % об, не более	-	0,0001
- давление на выходе с установки, МПа	-	0,75±0,02

Продолжение таблицы 2.1

Наименование показателя	Режим	
	Газовый	Газожидкостной
3 Потребляемая мощность А-1,5, кВт	598±0,5	
в том числе:		
- воздушным компрессором	500±0,5	
- электронагревателем БКО	20±0,5	
- системой предварительного охлаждения воздуха	68	
- остальное оборудование (АСКУ, арматура и др).	10±0,5	

Лицензиар и разработчик базового проекта на комплектную поставку установки для получения азота – ОАО «КРИОГЕНМАШ». Проектировщик и разработчик Проектной документации – ПАО «СНХП», ООО «Премиум-инжиниринг», ООО «ИВИ Техномир», ООО НПП «Обеспечение безопасности». Проектировщик и разработчик Рабочей документации номер 1330.340.120529.000-Р-104.912.000 – ПАО «СНХП», ООО «Премиум-инжиниринг», ООО «ИВИ Техномир», ООО НПП «Обеспечение безопасности». Генеральный проектировщик предприятия – ПАО «СНХП». Положительное заключение государственной экспертизы номер 1036-14/ГГЭ-9377/02 от 27.08.2014г.

Режим работы установки А-1,5 непрерывный, круглосуточный, круглогодичный с двухгодичным межремонтным пробегом. Число часов работы установки в году: 1 год - 8760 часов, 2 год - 7800. Расчетное время работы 8280 часов в год. Режим работы персонала: – 4х сменный, 12 часовой.

2.2 Анализ методов промышленной безопасности

Меры безопасности при эксплуатации производственного объекта.

Обязательными условиями безопасного ведения технологического процесса, исключающими возникновение пожаров, взрывов, отравлений и ожогов, являются:

- ведение процесса строго в пределах норм технологического режима;
- соблюдение правил технической эксплуатации установки и оборудования в соответствии с действующими инструкциями и нормами;
- обеспечение герметичности трубопроводов и аппаратов;
- постоянный контроль, за состоянием аппаратов, трубопроводов, сальников клапанов, запорной арматуры и своевременное устранение выявленных дефектов. При обнаружении утечки, если срочный ремонт не возможен, линия утечки или оборудование должны быть выведены из работы;
- контроль содержания кислорода в воздухе рабочей зоны;
- бесперебойное снабжение установки электроэнергией, и воздухом КИП;
- обеспечение нормальной работы контрольно-измерительных, сигнализирующих, регулирующих приборов и блокировок;
- осуществление контроля за исправным состоянием пожарного инвентаря: первичных средств пожаротушения и средств стационарного пожаротушения, подступы к ним должны быть всегда свободны;
- все работники обязательно должны находиться на рабочем месте в чистой не замасленной спецодежде и других средствах индивидуальной защиты;
- при аварии на соседней установке принять меры, обеспечивающие безопасное ведение процесса, своевременное отключение трубопроводов, связанных с установкой, находящейся в аварийном положении;
- каждый работник должен знать места возможного скопления газов на установке: колодцы, лотки, прямки и т.д.;
- при выполнении работ в газоопасных местах необходимо применять инструмент, не дающий при ударе искру;

– аппараты, в которых должны работать люди, перед допуском людей внутрь оборудования, подлежащее вскрытию для внутреннего осмотра, очистки и ревизии, должно быть остановлено, освобождено от продукта, отключено от действующего оборудования и систем трубопроводов с помощью арматуры и стандартных заглушек согласно схеме, прилагаемой к наряду-допуску. Необходимость, продолжительность и последовательность операций по пропарке, продувке, промывке водой, проветриванию определяются отдельно для каждой единицы (группы) оборудования. Проведение работ внутри технологического оборудования разрешается только после получения анализов воздуха в них газоспасательной службой и оформления наряда-допуска на проведение газоопасных работ. При выполнении работ внутри технологического оборудования за работающим (исполнителем) должен быть закреплен наблюдающий, который должен быть готов к немедленному оказанию в экстренных случаях помощи исполнителю. Наблюдающий должен быть обеспечен собранным и проверенным запасным комплектом изолирующего противогаза в положении «наготове»;

– горячие трубопроводы и аппараты в доступных для соприкосновения местах должны быть изолированы;

– предусмотрены системы специальной изоляции греющего кабеля и устройство защитного отключения дифференциального типа системы электро-обогрева технологических аппаратов и трубопроводов;

– лестницы, площадки, ограждения должны быть в исправном состоянии;

– вся территория установки в тёмное время суток должна быть освещена;

– соблюдение графиков планово-предупредительных ремонтов, систематический контроль над работой оборудования, трубопроводов и своевременное устранение неполадок;

– разрешается допуск к работе с оборудованием лиц не моложе 18 лет, прошедших медицинское освидетельствование, инструктаж, обучение и

стажировку, сдавших экзамены на допуск к самостоятельной работе и получивших удостоверение.

При неправильной организации труда или несоблюдении правил безопасности продукты, применяемые в процессе, могут оказывать отравляющее действие на организм человека. Поэтому обслуживающий персонал должен соблюдать как общие, так и специфические для процесса правила, изложенные в заводских инструкциях. Необходимо не допускать пропусков продуктов, своевременно устранять утечки, не допускать создания опасных для жизни концентраций вредных веществ в воздухе рабочей зоны.

Включение трубопроводов в работу необходимо производить плавно, не допуская гидроударов. Оперативные переключения на внешних трубопроводах производить через диспетчера завода.

Не производить ремонтных работ на трубопроводе под давлением.

При появлении пропусков во фланцевых соединениях подтяжку болтов не производить до отключения трубопровода и сброса давления.

Следить за исправностью заземляющих устройств оборудования, трубопроводов, изоляции.

Систематически следить за исправностью и включением в работу приборов контроля и автоматических систем сигнализации и блокировки.

Во избежание поражения электрическим током, изоляция греющего кабеля на аппаратах и трубопроводах, должна быть в исправном состоянии.

С целью обеспечения взрывопожарной безопасности предусмотрен комплекс технологических мероприятий.

Для предупреждения возникновения аварийных ситуаций при выходе технологических параметров за установленные пределы установка оснащена автоматизированной системой управления технологическим процессом и системой противоаварийной защиты на базе микропроцессорной техники, обеспечивающей:

- постоянный контроль над параметрами процесса и управление режимом для поддержания их регламентированных значений;
- сигнализацию при изменении параметров в сторону критических значений;
- действие средств управления и противоаварийной защиты (далее ПАЗ), прекращающих развитие опасной ситуации (остановка компрессорного оборудования).

Защита оборудования от разгерметизации вследствие превышения давления осуществляется системой предохранительных клапанов.

Для предотвращения аварийных ситуаций (прекращения подачи воздуха КИП) принято соответствующее исполнение регулирующих клапанов, исключающее повышение давления, температуры в емкостном оборудовании.

Для исключения разгерметизации оборудования и трубопроводов вследствие коррозии и предупреждения аварийных выбросов опасных веществ предусмотрен следующий комплекс мероприятий:

- применение конструкционных материалов, соответствующих условиям эксплуатации по коррозионной стойкости и работоспособности в условиях высоких давлений и температур;
- определение толщин стенок аппаратов и трубопроводов с учетом расчетного срока эксплуатации и соответствующей прибавки для компенсации коррозии;
- нанесение на наружную поверхность аппаратов и трубопроводов антикоррозионного покрытия.

При эксплуатации установок производства азота, должен осуществляться периодический контроль над уровнем коррозионного износа оборудования и трубопроводов. Данный контроль проводится специализированными организациями, отделом технического надзора с применением современных методов дефектоскопии: гамма и

рентгеноконтроль качества сварных швов, цветная и магнитопорошковая дефектоскопия, ультразвуковая толщинометрия.

Для обеспечения нормальной эксплуатации в зимних условиях, исключая разгерметизацию технологической системы вследствие размораживания трубопроводов и аппаратов, на установке выполнены следующие мероприятия:

- непрерывность потоков в технологической системе;
- применение теплоизоляции и обогрева аппаратов, трубопроводов, приборов и шкафов КИП и А;
- защита трубопроводов от возникновения температурной деформации посредством самокомпенсации, рациональной прокладкой и установкой опор соответствующей конструкции.

Для исключения разгерметизации оборудования и трубопроводов в результате физического износа или механического повреждения во время эксплуатации установки должны проводиться следующие мероприятия:

- постоянный (перед началом каждой смены и в течение смены не реже, чем через каждые 2 часа) внешний осмотр оборудования и трубопроводов с целью выявления свищей, неплотностей, нарушения теплоизоляции и т.п.;
- проведение планово-предупредительного ремонта в соответствии с графиком, а также контроль над качеством его проведения со стороны технических служб и отдела технического надзора завода;
- после проведения ремонта сосуда, работающего под давлением, должно быть проведено техническое освидетельствование (наружный и внутренний осмотры и гидравлическое испытание давлением), после проведения ремонта трубопроводов должно быть проведено испытание на прочность и плотность, а затем, при необходимости, на герметичность.

Для обеспечения безопасных условий эксплуатации технологического компрессорного оборудования предусмотрена его комплектация:

- датчиками измерения и сигнализации температуры подшипников;
- уплотнительными комплексами с комплектными системами затворной жидкости и датчиками сигнализации о неисправности узлов уплотнений;
- сетчатым фильтром на всасывающем трубопроводе для защиты от попадания механических примесей, оснащенным замером перепада давления с предупредительной сигнализацией максимального значения.

Предусмотрена автоматическая защита компрессорного оборудования по минимальному и максимальному давлениям во всасывающем трубопроводе, по повышению температуры газа на нагнетании до предельного значения, а также возможность дистанционной остановки компрессорного оборудования из операторной.

Помещения и площадки с наружным технологическим оборудованием установки А-1,5 оборудуются первичными средствами пожаротушения в соответствии с «Правилами противопожарного режима в Российской Федерации» (утв. постановлением Правительства РФ от 25 апреля 2012 г. номер 390).

Лабораторный аналитический контроль технологического процесса.

Лабораторный аналитический контроль технологического процесса предназначен для определения качества входного сырья, промежуточных фракций и выпускаемой продукции. Он проводится лабораториями предприятия и стационарными поточными анализаторами, приводится в приложении А.

Пожарная безопасность установки.

Пожарная безопасность цеха производства азота обеспечивается комплексом мероприятий предупреждения, оповещения, защиты, предотвращения распространения и снижения последствий пожара или загораний, в которые входят:

- обязанности и ответственность лиц, осуществляющих эксплуатацию данного опасного производственного объекта;
- обучение и проведение инструктажа по пожарной безопасности и строгое их соблюдение для лиц осуществляющих производственную деятельность и иных лиц, находящихся на данном производственном объекте;
- соблюдение требований к содержанию территории;
- соблюдение требований к содержанию производственных помещений;
- соблюдение требований к содержанию канализации;
- соблюдение требований к содержанию к системам отопления и вентиляции;
- соблюдение требований к средствам автоматического контроля и регулирования технологического процесса;
- соблюдение требований по молниезащите, защите от вторичных проявлений молний и статического электричества.

Для обеспечения пожарной безопасности на установке, предусмотрены следующие системы:

- система автоматической пожарной сигнализации и система оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре;
- система автоматического пожаротушения.

Оборудованию системой пожаротушения подлежат операторная, аппаратная и инженерная станция.

В состав объектов защищаемых пожарной сигнализацией (ПС) входят:

- трансформаторная и электрощитовая;
- лаборатория;
- коридор;
- операторная;
- аппаратная;
- инженерная станция;

- комната начальника установки;
- комната механика (сменного мастера);
- блоки бесперебойного питания;
- комната приема пищи;
- установка А-1,5;
- установка КЦА (LINDE).

Методы и средства, обеспечивающие защиту работающих от производственных факторов опасностей.

В соответствии с требованиями следующих нормативно-технических документов, проектом предусмотрен комплекс специальных мероприятий для обеспечения безопасности, снижения вероятности возникновения и тяжести последствий, аварийных ситуаций:

- Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств» Приказ Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 11.03.2012г. н96;

- ПБЭ НП-2001 «Правила безопасной эксплуатации и охраны труда для нефтеперерабатывающих производств».

В соответствии с «Федеральными нормами и правилами в области промышленной безопасности «Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств» Приказ Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 11.03.2012г. номер 96 вся технологическая система оснащается средствами контроля и управления параметрами, значения которых определяют взрывоопасность процесса, с регистрацией показаний и предупредительной (а при необходимости – аварийной) сигнализацией их значений, а также средствами автоматического регулирования и противоаварийной защиты.

Для исключения разгерметизации оборудования и трубопроводов в результате физического износа или механического повреждения во время эксплуатации установки должны проводиться следующие мероприятия:

- постоянный (перед началом каждой смены и в течение смены не реже, чем через каждые 2 часа) внешний осмотр оборудования и трубопроводов с целью выявления свищей, не герметичности фланцевых соединений, нарушение теплоизоляции и т.п.;

- проведение планово-предупредительного ремонта в соответствии с графиком, а также контроль над качеством его проведения со стороны технических служб и отдела технического надзора завода;

- после проведения ремонта сосуда, работающего под давлением, должно быть проведено техническое освидетельствование (наружный и внутренний осмотры и гидравлическое испытание давлением), после проведения ремонта трубопроводов должно быть проведено испытание на прочность и плотность, а затем, при необходимости, на герметичность.

Для обеспечения нормальной эксплуатации установки в зимних условиях, исключающей разгерметизацию технологической системы вследствие размораживания трубопроводов и аппаратов, на установке выполнены следующие мероприятия:

- непрерывность потоков в технологической системе;
- применение теплоизоляции и обогрева аппаратов, трубопроводов, приборов и шкафов КИП и А;
- защита трубопроводов от возникновения температурной деформации посредством самокомпенсации, рациональной прокладкой и установкой опор соответствующей конструкции.

Для предупреждения развития аварий предусмотрены следующие решения:

- установка предохранительных клапанов для аппаратов, работающих под давлением;

- использование автоматизированной системы управления технологическим процессом и противоаварийной защиты;
- электроснабжение системы ПАЗ, АСУ ТП предусмотрено особой группой I категории надежности электроснабжения;
- оснащение всей аппаратуры производства средствами контроля температуры, давления, уровня, сигнализацией минимальных и максимальных значений технологических параметров;
- применение герметичного и надежного в эксплуатации технологического оборудования;
- использование электродвигателей компрессоров, насосов, освещения с уровнем взрывозащиты, соответствующим категории и группе взрывоопасной смеси;
- из операторной, предусмотрена возможность дистанционной остановки компрессорного оборудования;
- применение системы мониторинга и диагностики компрессорного оборудования для исключения разгерметизации оборудования, трубопроводов и предотвращения аварийных выбросов из-за повышенной вибрации. Принятая система обеспечивает постоянный централизованный контроль состояния агрегатов в рабочем состоянии. Сигналы о вибрационном состоянии обрабатываются, сохраняются и архивируются, что дает возможность обеспечить диагностику каждого агрегата, включенного в систему мониторинга;

Для исключения разгерметизации оборудования и трубопроводов вследствие коррозии и предупреждения аварийных выбросов веществ проектом предусмотрен следующий комплекс мероприятий:

- применение конструкционных материалов, соответствующих условиям эксплуатации по коррозионной стойкости и работоспособности в условиях высоких давлений;

- определение толщин стенок аппаратов и трубопроводов с учетом расчетного срока эксплуатации и соответствующей прибавки для компенсации коррозии;

- нанесение на наружную поверхность аппаратов и трубопроводов антикоррозионного покрытия.

При эксплуатации установки должен осуществляться периодический контроль за уровнем коррозионного износа оборудования и трубопроводов специализированными организациями, отделом технического надзора с применением современных методов дефектоскопии: гамма- и рентгеноконтроль качества сварных швов, цветная и магнитопорошковая дефектоскопия, ультразвуковая толщинометрия.

Средства коллективной защиты работающих от воздействия опасных и вредных производственных факторов.

Система противоаварийной защиты является основным средством коллективной защиты и спроектирована она таким образом, чтобы нарушение работы системы управления технологическим процессом, не влияло на работу системы ПАЗ.

Системы блокировок и противоаварийной защиты объекта СБ и ПАЗ представляют собой логически увязанную между собой цепь технологических значений процессов, позволяющую мгновенно реагировать на отклонение в работе объекта. Индикацией служит предаварийная сигнализация на рабочем месте оператора.

В случае возникновения аварийной ситуации происходит срабатывание системы ПАЗ, локализуется аварийный блок объекта, приводится в исходное состояние технологическая арматура, останавливается насосное и компрессорное оборудование. Система ПАЗ объединяет на своем контроллере все поступающие от датчиков нижнего уровня сигналы КИПиА, производит сравнение полученной информации и анализирует их в реальном масштабе времени.

Установки цеха производства азота обеспечиваются естественным и искусственным освещением. Предусматриваются следующие виды освещения:

- рабочее освещение во всех помещениях и наружных блоках;
- аварийное освещение во всех производственных помещениях, подстанции, операторной;
- ремонтное освещение.

Напряжение сети рабочего и аварийного освещения - 380/220 В, ремонтного - 12 В.

Для обеспечения безопасности обслуживающего персонала от повышенных температур, предусматривается наружная теплоизоляция технологических аппаратов и трубопроводов. Температура наружных поверхностей оборудования и (или) кожухов теплоизоляционных покрытий не должны превышать температуры самовоспламенения наиболее взрывопожароопасного продукта, а в местах, доступных для обслуживающего персонала, быть не более 45 °С внутри помещений и 60 °С на наружных установках.

В качестве защиты от механических факторов предусмотрены:

- ограждения вращающихся частей насосного и компрессорного оборудования;
- лестницы, площадки, проходы для обслуживания средств КИП и А, арматуры и другого оборудования;
- грузоподъемные механизмы стационарные и передвижные;
- СИЗ (спецодежда, спецобувь, защитные каски, очки, перчатки и т.д.).

В целях защиты от воздействия химических факторов предусмотрены:

- периодическая, влажная уборка производственных площадок;
- специальная комната для приема пищи;

– бытовые помещения с отдельным хранением чистой и загрязненной одежды, оборудованные умывальниками, душевыми и туалетными комнатами;

– автоматическая сигнализация появления загазованности.

В качестве защиты от падения работающих с высоты лестничные клетки и площадки для обслуживания оборудования снабжены ограждением и перилами.

Для обеспечения чистоты и взрывобезопасности воздушной среды, установленной санитарными нормами и нормами техники безопасности, во всех помещениях здания ЦПА предусмотрена приточно-вытяжная механическая вентиляция.

В помещении компрессорной, постоянно действует механическая приточно-вытяжная вентиляция.

Удаление воздуха спроектировано из верхней зоны через шахты с дефлекторным побуждением.

В помещении КЦА также предусмотрена аварийная приточная вентиляция. Раздача воздуха осуществляется в верхнюю зону через регулируемые решетки РС-Г.

В помещении распределительной подстанции и аппаратной предусмотрен гарантированный 5-ти кратный подпор. В помещении венткамеры выполнена постоянно-действующая механическая приточная вентиляция в объеме 3 обм/ч и дополнительно в объеме 5 процентов от производительности установленных приточных систем.

Электробезопасность, способы защиты.

Для защиты обслуживающего персонала от поражения электрическим током, в случае повреждения изоляции на установке предусматривается:

– для сети 6 кВ с изолированной нейтралью - заземление металлических корпусов электрооборудования;

- для сети 0,4 кВ с глухозаземленной нейтралью - зануление металлических корпусов электрооборудования отдельной защитной жилой питающего кабеля;

- уравнивание потенциалов, с целью защиты от воздействия на человека опасных перенапряжений в случае заноса высоких потенциалов и вторичных проявлений молнии.

Заземлением оборудованы:

- металлические нетоковедущие части электрооборудования напряжением 6 кВ;

- каркасы распределительных щитов, щитов управления, щитков и шкафов;

- металлические конструкции распределительных устройств;

- кабельные конструкции;

- металлическая оболочка и броня контрольных и силовых кабелей;

- металлические рукава и трубы электропроводки;

- кожухи и опорные конструкции шинопроводов.

Для защиты от статического электричества, заноса высоких потенциалов и с целью уравнивания потенциалов, предусматривается объединение в одну электрическую цепь и подключение к заземляющему устройству всех металлических строительных и производственных конструкций, а также металлических корпусов технологического и вентиляционного оборудования.

В качестве заземляющего устройства предусмотрена укладка на глубине 0,7 м по периметру здания и сооружений установки контура из полосовой стали 4×40 мм. При необходимости горизонтальный контур дополняется электродами из круглой стали Ø16 мм длиной 5 м.

Сопrotивление заземлителя производственного здания не должно превышать 4 Ом. Сопrotивление повторных заземлителей распределительных щитов – 10 Ом. Сопrotивление заземлителей систем молниезащиты и защиты от статического электричества не более 50 Ом.

Здания, сооружения и наружное оборудование установки по устройству молниезащиты, относятся ко II категории.

Минимально-допустимый уровень надежности защиты от прямых ударов молнии принято 0,9.

Защита от прямых ударов молнии обеспечивается:

- для производственного здания путем наложения на кровлю здания молниеприемной сетки;

- для технологического оборудования путем заземления их металлических корпусов, а также заземлением строительных металлических конструкций наружных сооружений, на которых установлено оборудование.

Для устройств комплекса АСУ ТП в контроллерной предусматривается отдельный информационный заземлитель.

Мероприятия, ограничивающие вредное воздействие технологического процесса на окружающую среду.

С целью защиты атмосферного воздуха и снижения выбросов загрязняющих веществ при эксплуатации объекта предусмотрены следующие мероприятия:

- применение прогрессивной технологии производства (автоматизация, комплексная механизация, дистанционное управление, непрерывность процессов производства, автоматический контроль процессов и операций), исключающий контакт человека с вредными веществами;

- выбор запорно-регулирующей арматуры и технологического оборудования соответствует рабочим параметрам и коррозионной активности среды;

- применение фланцевых соединений на оборудовании, трубопроводной арматуре, обеспечивающих высокий класс герметичности;
- автоматизация технологических процессов, предупреждающая возникновение аварийных ситуаций.

Для предотвращения загрязнения поверхностных и подземных вод и рациональному их использованию предусмотрены следующие мероприятия:

- соблюдение технологических параметров производства и обеспечение нормальной эксплуатации сооружений;
- отвод поверхностных вод со всех участков площадки осуществляется через дождеприемные колодцы закрытой системой ливневой канализации на очистные сооружения, где располагается сбор и очистка этих вод;
- во избежание распространения огня по сети производственно-ливневых сточных вод на, всех выпусках в сеть (дождеприемные колодцы, трапы) через каждые 300 м на сети установлены колодцы с гидравлическим затвором;
- производственные и ливневые сточные воды по закрытой сети канализации I системы отводятся на действующие очистные сооружения АО «СНПЗ», где проходят стадии механической, физико-химической и биологической очистки;
- надземная прокладка технологических трубопроводов и сетей оборотного водоснабжения по вновь проектируемым тумбам и существующим эстакадам;
- применение безводных технологических процессов и систем оборотного водоснабжения.

Строительство установки произведено на территории АО «СНПЗ» и не требует дополнительного отвода земель. Разработка специальных мероприятий по охране и рациональному использованию земельных ресурсов не проводится.

С целью рационального использования имеющихся на заводе земельных ресурсов при разработке генплана были учтены следующие условия:

- рациональное и экономичное использование земельного участка;
- обеспечение поточности технологического процесса и кратчайших технологических связей.

Для предотвращения загрязнения почвенного покрова за пределами площадки предусмотрены следующие мероприятия:

- сбор и отвод ливневых сточных вод с площадок осуществляются в дождеприемные колодцы и затем в промливневую канализацию;
- вертикальная планировка выполнена с учетом сбора и отвода возможных проливов в систему канализации;
- хранение отходов в металлических контейнерах, расположенных на бетонированных площадках с обвалованием или огороженных профлистом;
- осуществление регулярного вывоза образующихся отходов с территории завода и передача их сторонним организациям на утилизацию и обезвреживание.

В соответствии с требованиями уровень звука регламентируется для постоянных рабочих мест производственных помещений и на территории объектов. Для снижения уровня шума, воздействующего на персонал в течение смены, при обходе оборудования, предусмотрено следующее:

- обслуживание технологического оборудования сводится к периодическому осмотру дежурным персоналом, время которого, в зависимости от типа оборудования, в течение смены не превышает 30...60 минут;

- персонал, обслуживающий шумное оборудование, экипирован касками с противозумными наушниками, снижающими уровень шума на 13...15 дБА.

Для снижения вибрации возникающей, при работе технологического оборудования его необходимо жестко монтировать на пригрузочной железобетонной плите или металлической раме, которая должна опираться на виброизоляторы.

Для снижения уровня вибрации, на установке выполнен расчет фундаментов по предельно-допустимым амплитудам колебаний.

Предусмотрены мероприятия по борьбе с вибрацией в вентиляционных системах:

- установка вентиляторов на виброоснованиях;
- присоединение воздухопроводов к вентиляторам через гибкие вставки.

При эксплуатации оборудования наблюдаются воздействия электромагнитного поля. Источниками электромагнитного излучения являются электроприводы. Металлические корпуса электроприводов заземлены и являются естественными стационарными экранами электромагнитных полей.

Мероприятия, обеспечивающие потребителей продукционным азотом в соответствии требованиям.

С целью защиты потребителей от некачественного продукта на установке существуют следующие мероприятия:

- аналитический контроль содержания кислорода в продукционном азоте;
- система блокировок;
- система ресивера азота.

Продукционный азот отбирается из колонны АП305, подогревается в основном теплообменнике АП301 и выводится с блока разделения установки.

На трубопроводе продукционного азота установлен отбор продукта на поточный газоанализатор поз QISA-310. Данный прибор оснащен сигнализацией и блокировкой по максимальному пределу содержания кислорода в продукционном азоте 10 ppm.

С целью защиты потребителей от некачественного продукта, на трубопроводе установлена ёмкость-ловушка не продукционного азота. Она представляющая собой вертикальный пустотелый цилиндрический аппарат, служащий буферной емкостью. Газообразный азот поступает в ёмкость-ресивер азота поз. Р3 и далее выводится с установки. В случае срабатывания блокировки по прибору поз.QISA310 весь газообразный азот переводится в атмосферу посредством открытия линии «сброс в атмосферу», при этом одновременно происходит закрытие линии «потребитель». В данном случае снабжение завода газообразным азотом возможно с использованием системы хранения и газификации жидкого азота СХ-104-0,7-1,5.

Мероприятия, обеспечивающие защиту аппаратов от разрушения, вследствие превышения давления.

Основным видом защиты аппаратов являются предохранительные клапана, которые устанавливаются непосредственно на сосудах и аппаратах в наиболее высокой их части с таким расчетом, чтобы в случае открытия клапана и аппарата, в первую очередь, удалялись скапливающиеся пары и газы. Предохранительные клапаны, установленные на ВРУ А-1,5 приведены в таблице 2.2 [11].

Таблица 2.2- Характеристика предохранительных клапанов

Наименование и марка клапан, PN, DN	Позиция	Среда	Температура среды, °С	Рабочее давление кг/см ²	Расчетное давление кг/см ²	Установочное давление кг/см ²	Направление сброса и противодействие, Мпа (кг/см ²)
1 КПП4Р 50-16	Р1	воздух	39	9	11	11,7	в атмосферу

Продолжение таблицы 2.2

Наименование и марка клапан, PN, DN	Позиция	Среда	Температура среды, °С	Рабочее давление кг/см ²	Расчетное давление кг/см ²	Установочное давление кг/см ²	Направление сброса и противодействие, Мпа (кг/см ²)
2 КПП4Р 50-16	Р2	воздух	39	9	11	11,7	в атмосферу
3 СППК4Р 80-16	Р3	азот	35	10	11	11,7	в атмосферу
4 АПК-81-25/10	АП-305	азот	-196	8	8	8,5	в атмосферу
5 АПК-81-50/10	отбросной газ из установки	воздух	12	8	8	8,5	в атмосферу
6 АПК-81-50/10	АП-306	азот	-196	8	8	8,5	в атмосферу
7 АПК-81-15/10	АП313	азот	-185	7.5	8.5	8,5	в атмосферу
8 АПК-81-10/16	т/п жидкого азота	азот	-196	7.5	19.6	10,7	в атмосферу
9 АПК-81-10/16	т/п жидкого азота	азот	-196	16	19.6	17,1	в атмосферу
10 АПК-81-10/16	И-21	азот	-161	16	19.6	17,1	в атмосферу
11 АПК-81-10/16	И-22	азот	-161	16	19.6	17,1	в атмосферу
12 АПК-81-10/16	И-23	азот	-161	16	19.6	17,1	в атмосферу
13 АПК-81-10/16	И-24	азот	-161	16	19.6	17,1	в атмосферу
14 АПК-81-25/16	т/п жидкого азота	азот	-196	16	19.6	17,1	в атмосферу
15 АПК-81-10/16	т/п жидкого азота	азот	-196	16	19.6	17,1	в атмосферу
16 SFA 15	холодильная машина	фреон	65	25	27	28	в атмосферу

Продолжение таблицы 2.2

Наименование и марка клапан, PN, DN	Позиция	Среда	Температура среды, °С	Рабочее давление кг/см ²	Расчетное давление кг/см ²	Установочное давление кг/см ²	Направление сброса и противодействие, Мпа (кг/см ²)
17 SFA 15	холодильная машина	фреон	45	18	19	21	в атмосферу
18 ZA-ЕСК- G 3/4	БСХ-21	азот	-196	17	19.6	18.6	в атмосферу
19 ZA-ЕСК- G 3/4	БСХ-21	азот	-196	17	19.6	18.6	в атмосферу
20 ZA-ЕСК- G 3/4	БСХ-22	азот	-196	17	19.6	18.6	в атмосферу
21 ZA-ЕСК- G 3/4	БСХ-22	азот	-196	17	19.6	18.6	в атмосферу
22 ZA-ЕСК- G 3/4	БСХ-23	азот	-196	17	19.6	18.6	в атмосферу
23 ZA-ЕСК- G 3/4	БСХ-23	азот	-196	17	19.6	18.6	в атмосферу
24 ZA-ЕСК- G 3/4	БСХ-24	азот	-196	17	19.6	18.6	в атмосферу
25 ZA-ЕСК- G 3/4	БСХ-24	азот	-196	17	19.6	18.6	в атмосферу

Защита от взрыва блока разделения ВРУ А-1,5.

Сырьем установки является атмосферный воздух, который проходит несколько этапов подготовки, после чего разделяется на фракции, которые различными путями попадают в конденсатор. Для обеспечения взрывобезопасности конденсатора часть обогащенного кислородом жидкого воздуха направляется в циркуляционный контур, включающий адсорбер, в котором воздух очищается от углеводородов.

Регенерация адсорбента в адсорбере проводится каждые 720 часов и длится в течение 16 часов.

3 Исследование рисков, возникающих в процессе производства азота на АО «СНПЗ»

При анализе проектных решений, направленных на обеспечение промышленной безопасности при производстве азота на АО «Сызранский НПЗ» было установлено, что данный опасный производственный объект отвечает всем нормам и правилам в области промышленной безопасности.

Но, при практическом изучении технологического процесса были выявлены недостатки, для подтверждения которых были проведены исследования, описанные в данном разделе и опубликованные в научных конференциях [34,35].

3.1 Исследование рисков скопления кислорода в производственном азоте при его длительном хранении

Системы хранения и газификации жидкого азота СХ-104-0,7-1,5. включает в себя набор криогенных резервуаров РЦВ – 26/1,7 предназначенных для приема и выдачи криопродуктов, а так же для его длительного хранения. На Сызранском нефтеперерабатывающем заводе он играет роль аварийного запаса азота и может не использоваться длительный срок. Предметом исследования является блок-система хранения компактная (БСХ), который состоит из криогенных резервуаров, системы испарителей и обвязочных трубопроводов.

Согласно технологического регламенту установки [11], в криогенный резервуар жидкий азот попадает из колонны разделения через переохладитель с качеством 99,983 процента. Далее жидкий азот может храниться в системе неограниченное количество времени, исключением является непредвиденный ремонт резервуара. Исходя из руководства по эксплуатации резервуара[13], расход жидкого азота для поддержания давления при его хранении составляет 1.72 кг/ч или 0,22 процента.

Соответственно необходимо постоянно подпитывать резервуар таким же количеством продукта.

В связи с тем, что температура кипения азота ниже, чем у кислорода, азот выкипает гораздо раньше и при сбросе газа из резервуара выходит исключительно чистый азот. Получается, в систему хранения постоянно поступает продукт с дозволенной маленькой долей кислорода. Вследствие чего, концентрация кислорода постоянно растет, если периодически не производить выдачу продукта потребителю.

Нормативно-техническая документация [8,9] регламентирует отогревы резервуаров только для проведения технического освидетельствования, которое проводится раз в 10 лет [10] и непосредственного ремонта резервуара проводимого только при необходимости. Сроки отогрева резервуара для удаления посторонних примесей не регламентированы.

Постоянные испарения и добавления производственного азота в режиме хранения аварийного запаса, приведет к повышению концентрации кислорода в резервуаре. Чтобы получить срок, после которого азот перейдет в разряд технического, необходимо провести теоретическое и практическое исследование.

Устройство и назначение РЦВ.

Резервуар РЦВ предназначен для:

- приема криопродуктов в резервуар системы из транспортных цистерн;
- выдачи криопродуктов из резервуара системы в транспортные цистерны;
- длительного хранения криопродуктов в резервуаре;
- выдачи криопродуктов потребителю;
- приема продукта в резервуар системы из ВРУ.

Резервуар представляет собой вертикальный двустенный цилиндрический состоящий из внутреннего сосуда и кожуха. Пространство в ТИП отвакуумировано. Внутренний сосуд изготовлен из нержавеющей стали

аустенитного класса. Поверх сосуда нанесена изоляция для снижения теплопритока к хранимому продукту. Кожух изготовлен из легированной стали 09Г2С.

На днище резервуара установлен вакуумный клапан 50-УРС, предназначенный для соединения с внешней системой откачки и контроля остаточного давления через выходной фланец. Низкое остаточное давление в сочетании с изоляцией позволяет существенно снизить теплоприток к жидкому криогенному продукту и, тем самым сократить его потери от испарения. На днище кожуха установлен патрон с поглотителем водорода для поглощения атомарного водорода, выделяемого конструкционными материалами ТИП.

Система может эксплуатироваться как автономно, так и в составе стационарных криогенных систем. Операции, выполняемые в автономном режиме работы только с транспортными цистернами:

- заполнение резервуара БСХ криопродуктом из транспортной цистерны;
- хранение криопродукта в резервуаре БСХ;
- наддув резервуара БСХ до рабочего давления;
- слив криопродукта из резервуара БСХ в транспортную цистерну.

Операции, выполняемые БСХ в составе стационарных криогенных систем в том числе:

- прием криопродукта из ВРУ в резервуар БСХ;
- заполнение резервуара БСХ криопродуктом из стационарной системы;
- выдача криопродукта из резервуара БСХ в стационарную систему;
- выдача криопродукта из резервуара БСХ в стационарную систему на производственный испаритель.

Теоретическое исследование рисков скопления кислорода в производственном азоте.

Теоретическое исследование данного недостатка подтверждается подсчетами данных, указанных в технологической документации установки производства азота [11,19]. Чтобы рассчитать срок в месяцах, после которого азот перейдет в марку технического, необходимо воспользоваться формулой (1):

$$T_T = \frac{U-Q}{Z}, \quad (1)$$

где T_T – количество месяцев, по истечению которого азот перейдет в марку технического;

U – предельная концентрация кислорода при превышении которой, азот переходит в марку технического, определяется по формуле 2, кг;

Q – количество кислорода в резервуаре при первоначальном заполнении, определяется по формуле 3, кг;

Z – количество кислорода в азоте, необходимого для дополнения резервуара в течение месяца, определяется по формуле 4, кг.

Рассчитаем предельную концентрацию кислорода, при превышении которой, азот переходит в марку технического - U . Данное значение принимаем за x , составив пропорцию (2):

$$\frac{M}{x} = \frac{100\%}{R}, \quad (2)$$

где M – масса азота в заполненном резервуаре составляет 20 000 кг[13];

R – предельная концентрация кислорода, при превышении которой азот переходит в марку технического [7] 0,05%.

Следовательно:

$$20000 \times 0.05 = x \times 100,$$

$$1000 = x \times 100,$$

$$x = \frac{1000}{100},$$

$$U = x = 10,$$

Рассчитаем количество кислорода в резервуаре при первоначальном заполнении - Q, данное значение принимаем за x, составив пропорцию (3), кг:

$$\frac{M}{x} = \frac{100\%}{S}, \quad (3)$$

где M – масса азота в заполненном резервуаре составляет 20 000 кг[13];
S – содержание кислорода в азоте, согласно технологического регламенту установки по производству азота[11] 0,017%.

Следовательно:

$$20000 \times 0.017 = x \times 100,$$

$$340 = x \times 100,$$

$$x = \frac{340}{100},$$

$$Q = x = 3,4,$$

Далее рассчитаем количество кислорода в азоте, необходимого для дополнения резервуара в течение месяца - Z, данное значение принимаем за x, составив пропорцию (4), кг:

$$\frac{m}{x} = \frac{100\%}{S}, \quad (4)$$

где m – количество азота необходимого для дополнения резервуара в течение месяца, определяемое по формуле (5), кг;

S – содержание кислорода в азоте, согласно технологического регламенту установки по производству азота[11] равно 0,017%.

Значение m определим по формуле (5):

$$m = L \times t \times V, \quad (5)$$

где L – количество азота расходуемого для поддержания давления при его хранении, равное 1,72 в час [13];

t – количество часов в сутках;

V – среднее количество дней в месяце.

Следовательно:

$$\begin{aligned} m &= 1,72 \times 24 \times 30,5, \\ m &= 1259,04, \end{aligned}$$

Определив значение m, можно подставить его в пропорцию (4):

$$\begin{aligned} 1259,04 \times 0.017 &= x \times 100, \\ 21,4 &= x \times 100, \\ x &= \frac{21,4}{100}, \\ Z = x &= 0,214, \end{aligned}$$

Определив все необходимые значения, подставим их в формулу (1):

$$T_{\text{т}} = \frac{10-3,4}{0,214} = 30,85,$$

Следовательно, критический срок, определяемый теоретическим методом исследования, после которого азот перейдет в марку технического

составляет 30,85 месяцев, при переводе в года с округлением в меньшую сторону - это два года и шесть месяцев.

Практическое исследование рисков скопления кислорода в производственном азоте.

Практическое исследование рисков скопления кислорода в производственном азоте проводится на нормальном технологическом режиме установки. Анализ на содержание кислорода в азоте проводится поточным газоанализатором THERMOX CG1000, протокол проверки номер П-54 от 27.06.2019 г.

Исследование состоит из следующих этапов:

- 1) Заправка криогенного резервуара производственным азотом до полного состояния;
- 2) Через 3 месяца дозаправка резервуара;
- 3) Проведение анализа на содержание кислорода поточным газоанализатором 1 этап (через 3 месяца);
- 4) Дозаправка резервуара;
- 5) Проведение анализа на содержание кислорода поточным газоанализатором 2 этап (через 6 месяцев);
- 6) Дозаправка резервуара;
- 7) Проведение анализа на содержание кислорода поточным газоанализатором 3 этап (через 9 месяцев);
- 8) Дозаправка резервуара;
- 9) Проведение анализа на содержание кислорода поточным газоанализатором 4 этап (через 12 месяцев);
- 10) Оформление протокола исследования.

Данное исследование показало что:

- а) через три месяца количество кислорода составило 0,02005% или 4,1 кг

- b) через шесть месяцев количество кислорода составило 0,02312% или 4,624 кг
- c) через девять месяцев количество кислорода составило 0,02605% или 5,21 кг
- d) через двенадцать месяцев количество кислорода составило 0,029% или 5,8 кг

Далее исследование было окончено в связи с тем, что в процессе дальнейшего хранения азота существовал риск загрязнить двадцати тонн продукционного азота, что является экономически невыгодно для предприятия.

Обработав эти данные, мы определяем критический срок T_{Π} исходя из практического исследования по формуле (6).

$$T_{\Pi} = \frac{U-Q}{E}, \quad (6)$$

где T_{Π} – количество месяцев, по истечению которого азот перейдет в марку технического при проведении практического исследования;
 U – предельная концентрация кислорода при превышении которой, азот переходит в марку технического, определяется по формуле (2), кг;
 Q – количество кислорода в резервуаре при первоначальном заполнении, определяется по формуле 3, кг;
 E – среднее число, превышения концентрации кислорода за один месяц, формула 7, кг.

Для этого необходимо определить среднее число - E , превышения концентрации кислорода за один месяц, формула (7):

$$E = \frac{P}{3}, \quad (7)$$

где P – превышения концентрации кислорода за три месяца, определяется по формуле (8).

Определим число P :

$$P = \frac{(Y_3 - Q) + (Y_6 - Y_3) + (Y_9 - Y_6) + (Y_{12} - Y_9)}{4}, \quad (8)$$

где Y_3 количество кислорода через 3 месяца;

Y_6 количество кислорода через 6 месяцев;

Y_9 количество кислорода через 9 месяцев;

Y_{12} количество кислорода через 12 три месяцев;

Q количество кислорода в резервуаре при первоначальном заполнении, определенное по формуле 3 и равное 3,4 кг.

Следовательно:

$$P = \frac{(4,1 - 3,4) + (4,624 - 4,1) + (5,21 - 4,624) + (5,8 - 5,21)}{4},$$

$$P = \frac{0,7 + 0,524 + 0,586 + 0,59}{4},$$

$$P = 0,6,$$

Подставим данные в формулу (7):

$$E = \frac{0,6}{3} = 0,2,$$

При получении всех данных заполним формулу (6):

$$T_{\Pi} = \frac{10-3,4}{0,2},$$

$$T_{\Pi} = 33$$

Следовательно, критический срок, определяемый практическим методом исследования, после которого азот перейдет в марку технического, составляет 33 месяца, при переводе в годы - это два года и девять месяцев, что не на много превышает значения теоретического исследования.

Также, проведенных четырех этапов аналитического контроля достаточно, чтобы подтвердить тенденцию роста концентрации кислорода в продукционном азоте системы хранения.

Учитывая вышесказанное, постоянные испарения и добавления продукционного азота приведут к повышению концентрации кислорода в резервуаре, что переводит данный продукт в марку технического азота, и не позволяет применять его в качестве инертного газа во взрывоопасных средах.

3.2 Исследование работы конденсатора в условиях, приближенных к опасным

Для обеспечения взрывобезопасности конденсатора часть обогащенного кислородом жидкого воздуха направляется в циркуляционный контур, включающий адсорбер, в котором воздух очищается от углеводородов. Но данный процесс очистки необходимо прерывать раз в 720 часов для проведения регенерации адсорбента (силикагеля), который занимает 16 часов. Этот процесс и приводит к опасным условиям работы конденсатора путем накопления взрывоопасных примесей в кубовой жидкости. Данное действие может привести к взрыву и разрушению воздуходелительной установки.

Устройство и назначение адсорбера.

Адсорбер АЖ-0,075/3 предназначен для очистки жидкого воздуха, обогащенного кислородом, от углеводородов и диоксида углерода.

Принцип действия адсорбера, основан на способности адсорбента отчищать рабочую среду от примесей. Жидкость через патрубок входа поступает в адсорбер, проходя слой адсорбента, очищается от примесей и через патрубок выхода удаляется из аппарата.

Аппарат представляет собой вертикальный аппарат цилиндрической формы. Состоит из корпуса с патрубками входа и выхода жидкости, патрубками загрузки и выгрузки адсорбента. Внутри корпуса, в верхней части расположен перфорированный конус. В нижней части встроена перфорированная решетка. Пространство между решеткой и верхним днищем корпуса заполнено адсорбентом. На поверхностях решетки и конуса, со стороны адсорбента, закреплены фильтрующие сетки, что предотвращает унос адсорбента с потоком жидкости или газа. На обечайке корпуса расположены строповые устройства. Для установки аппарата к корпусу приварены лапы опорные. Подсоединение адсорбера к трубопроводам входа и выхода жидкости на сварке.

Регенерация адсорбента осуществляется обратным потоком сверху вниз и включается в десорбции влаги и других примесей из адсорбента путем их нагрева регенерирующим газом до высоких температур, до удаления этих примесей из адсорбера и дальнейшем охлаждении адсорбера до рабочей температуры.

Порядок работы адсорбера в нормальном технологическом режиме определяется руководством по эксплуатации на установку, в состав которой входит адсорбер.

Адсорбер может быть использован только по назначению.

Эксплуатация адсорбера допускается только при давлении и температуре указанных в паспорте. Контроль этих параметров осуществляется в соответствии с технической документацией на установку [11].

При эксплуатации адсорбера необходимо соблюдать правила техники безопасности, а также выполнять требования, изложенные в настоящем документе и документах на установку в целом.

К обслуживанию адсорбера допускается персонал, обученный и аттестованный в установленном порядке, изучивший следующую документацию:

- устройство и работу адсорбера в составе установки;
- руководство по эксплуатации;
- руководство по эксплуатации установки;
- правила техники безопасности;
- правила безопасности при эксплуатации оборудования, работающего под давлением;
- правила промышленной безопасности при осуществлении деятельности в области промышленной безопасности опасных производственных объектов и аттестованы в установленном порядке.

Практическое исследование работы конденсатора.

Исследование работы конденсатора проводится на установке производства азота ВРУ А-1,5. Установка находится на нормально технологическом режиме. Для проведения аналитического контроля содержания углеводородов применяется хроматограф Хроматек Кристал-5000.2, свидетельство о поверке номер 160418/010213 - 2018 от 18.12.2018г. Согласно технологическому регламенту установки [11] анализ проводится на содержание в воздухе жидком, обогащенным кислородом ацетилена и углеводородов группы C_2H_2 , C_4H_{10} и C_5H_{12} . Для более точного изучения процесса накопления углеводородных примесей исследование проводится два раза.

Норма содержания выглядит следующим образом:

- ацетилен не более $0,04 \text{ мг/дм}^3$
- C_2H_2 не более 400 мг/дм^3

- C_4H_{10} не более 5,5 мг/дм³
- C_5H_{12} не более 0,5 мг/дм³

Исследование состоит из следующих этапов:

- 1) Проведение лабораторного анализа на количество углеводородов в кислороде;
- 2) Переключение с рабочего адсорбера очистки кислородной фракции на байпасную линию;
- 3) Проведение регенерации адсорбента (силикагеля) в адсорбере АП-313;
- 4) Проведение повторного лабораторного анализа на количество углеводородов в кислороде перед окончанием проведения регенерации;
- 5) Оформить протокол исследования.

Первое исследование показало что:

- 1) До начала регенерации содержание примесей составило:
 - ацетилен отсутствует;
 - CH_4 133 мг/дм³;
 - C_4H_{10} 1,3 мг/дм³;
 - C_5H_{12} 0,28 мг/дм³.
- 2) По окончании проведения регенерации содержание примесей составило:
 - ацетилен отсутствует;
 - CH_4 333 мг/дм³;
 - C_4H_{10} 4,9 мг/дм³;
 - C_5H_{12} 0,37 мг/дм³.

Второе исследование показало что:

- 1) До начала регенерации содержание примесей составило:
ацетилен отсутствует;
 - CH_4 133 мг/дм³;
 - C_4H_{10} 1,3 мг/дм³;

– C_5H_{12} 0,28 мг/дм³.

2) По окончании проведения регенерации содержание примесей составило:

– ацетилен отсутствует

– CH_4 303 мг/дм³

– C_4H_{10} 4,5 мг/дм³

– C_5H_{12} 0,46 мг/дм³

Исходя из полученных данных, можно сделать выводы, что к концу процесса регенерации концентрация опасных примесей приближается к предельным значениям.

В случае, когда на технологических установках НПЗ проходит процесс пропарки аппаратов или произошла нештатная ситуация (авария, загазованность, розлив) существует риск достижения количества опасных примесей до предельных значений, что в свою очередь может привести к взрыву конденсатора воздуходелительной установки. Подробно о вероятностях взрывов на воздуходелительных установках описано в работе [14].

3.3 Исследование надежности предохранительных клапанов в работе при отрицательных температурах колонны разделения

Для получения азота особой чистоты используется низкотемпературный криогенный метод разделения воздуха. Основным аппаратом является ректификационная колонна разделения АП-305. Безопасные условия работы колонны обеспечивает предохранительный клапан АПК-81-25/10 позиции ПК-302.

В данном разделе описано исследование надежности работы клапана проводимое на данной колонне.

Устройство и назначение ректификационной колонны.

Колонна АП-305 предназначена для предварительного разделения воздуха на газообразный азот и обогащенный кислородом воздух.

Разделение воздуха в колонне происходит при взаимодействии потоков газа и жидкости на ректификационных тарелках. Поднимаясь вверх по колонне газ барботирует через жидкость, находящуюся на тарелках, в результате чего происходит тепломассообмен между потоками. При многократном повторении этого процесса на каждой тарелке воздух, поднимаясь вверх, постоянно обогащается низкокипящим компонентом - азотом, который или отбирается через патрубок «Выход азота газообразного» или, попадает в сепарационный пакет.

В сепарационном пакете происходит отделение капель жидкости под действием сил инерции при изменении направления движения потока в волнообразных каналах. Капли жидкости осаждаются на поверхности гофрированных пластин и стекают в нижнюю часть пакета. Газ, прошедший через сепарационный пакет, выводится из колонны через патрубок «Выход азота производственного».

Из куба колонны через патрубок "Выход кубовой жидкости" отводится кубовая жидкость - обогащенный кислородом воздух. Из патрубка "Слив жидкости" сливается жидкость при остановках блока разделения воздуха.

Колонна выполнена в виде цилиндрического сосуда, состоящего из корпуса приваренными днищами, патрубками входа и выхода потоков. Внутри корпуса расположены ректификационные тарелки (контактные элементы), закрепленные горизонтально с определенным шагом в зигзагообразной обечайке. Ректификационные тарелки ситчатого типа, с прямолинейным током жидкости с отбойными элементами. Внутри корпуса установлен сепарационный пакет, выполненный в виде набора гофрированных пластин, между которыми образованы каналы волнообразного профиля. В верхней и нижней части колонны расположены люки. На обечайке корпуса расположены строповые устройства (цапфы). Подсоединение патрубков колонны к трубопроводам сварное. Колонна

снабжена штуцерами для замера сопротивления и контроля уровня жидкости в кубе колонны. Для испарения жидкости в нижних импульсных трубках предназначен трубопровод, в который подается греющий воздух.

Меры безопасности. Колонна может быть использована только по назначению. Эксплуатация колонны допускается только при давлении и температуре, которые указаны в паспорте. Контроль этих параметров осуществляется в соответствии с документацией на установку. Эксплуатация колонны с утечками в любых местах не допускается. При эксплуатации колонны необходимо соблюдать правила техники безопасности, действующие в эксплуатирующей организации, правила безопасности при эксплуатации оборудования, работающего под давлением, правила безопасности при производстве продуктов разделения воздуха, общие правила промышленной безопасности опасных производственных объектов.

Практическое исследование работы конденсатора.

Этапы проведения исследования:

- 1) Установка клапана на колонну разделения;
- 2) Заполнение колонны криоагентом;
- 3) Имитация нештатной ситуации (скачек давления в колонне);
- 4) Проверка работоспособности клапана в циклических нагрузках, в среде крипродукта;
- 5) Подготовка отчета о проведенном испытании.

Установка находится в режиме холодной опрессовки. Исследование работы предохранительного клапана проводится на ректификационной колонне АП 305.

В первую очередь клапан, испытывается и регулируется согласно установочного давления по ГОСТ 33257-2015 [5] на специальном стенде. Во избежание нарушения целостности аппарата установочное давление исследуемого клапана принимается на 5 процентов ниже основного предохранительного клапана установленного на аппарате.

Далее клапан устанавливается на патрубок позиции ПК-302а. После подготовительных работ производится заполнение аппарата криоагентом до уровня нормального технологического режима. По окончании заполнения, производится контролируемый скачек давления в колонне.

По достижению давления в аппарате давления установочного клапана, он начинает открываться и закрываться. При открытии клапана из колонны начинает выходить криоагент в жидком и газообразном состоянии, вследствие чего, на поверхности механизмов затвора образуется сначала конденсат, затем иней.

После обмерзания механизмов клапана он не срабатывает при повышении давления выше установочного клапана, вследствие чего, срабатывает контрольный клапан. Также в процессе эксперимента механизмы клапана обмерзали в открытом состоянии, что приводит к большим трудностям при ведении технологического процесса.

Данное исследование показало, что предохранительный клапан АПК-81-25/10 не обеспечивает безопасную работу ректификационной колонны и его применение может привести к разрушению аппарата.

4 Разработка мероприятий по обеспечению промышленной безопасности при производстве азота на АО «СНПЗ»

4.1 Рекомендации по обеспечению безопасной эксплуатации ректификационной колонны воздухоразделительной установки ВРУ А-1,5

Для предотвращения залипания клапана в открытом или закрытом положении, следует установить на данную колонну предохранительный клапан тип 06855 производства фирмы «Herose GmbH». Данные на клапан приведены в приложении А.

Арматура этой фирмы способна работать в среде, температура которой составляет от -196°C до $+185^{\circ}\text{C}$ и давлением от 0,2 bar до 55 bar.

Особенностью данных клапанов является возможность сохранять работоспособность при прохождении через него среды с отрицательной температурой, как в жидком, так и в газообразном состоянии. Также возможна работа с большим количеством циклов открытия и закрытия без потери работоспособности и износа основных деталей и узлов. Данные характеристики подтверждены исследованием Ральфа Данкерт-Паулсена и Вацлав Влчека и описаны в работе [23].

Для подбора необходимого клапана был выполнен расчет пропускной способности предохранительного клапана приведенный в приложении Б.

4.2 Мероприятия по обеспечению безопасных условий работы конденсатора на ВРУ А-1,5

Во время проведения регенерации силикагеля в адсорбере в кислородной фазе накапливаются углеводородные примеси, что подтверждается результатами проведенного исследования.

Обеспечить безопасные условия в данной ситуации может быть включение в схему установки второго адсорбера АЖ-0,075/3, характеристики которого указаны в таблице 4.1. Данный метод позволит исключить вероятность накопления взрывоопасных примесей в кубовой жидкости конденсатора и позволит непрерывно вести процесс очистки.

Также данный метод позволит производить замену адсорбента (силикагеля) без остановки воздухоразделительной установки.

Таблица 4.1 -Техническая характеристика и параметры адсорбера АЖ-0,075/3

Наименование частей сосуда		Корпус	Трубное пространство
Рабочее давление, МПа (кгс/см ²)		0,85 (8,5)	-
Расчетное давление, МПа (кгс/см ²)		0,85 (8,5)	-
Пробное давление испытания, МПа		1,2	-
Давление регенерации, МПа		0,07	-
Рабочая температура среды, °С		- 185	-
Температура регенерации, °С		150	-
Расчётная температура стенки, °С		150	-
Минимально допустимая отрицательная температура стенки, °С		минус 185	-
Наименование рабочей среды		обогащенный кислородом жидкий воздух	-
Характеристика рабочей среды	класс опасности	-	-
	взрывоопасность	нет	-
	пожароопасность	нет	-
Прибавка для компенсации коррозии (эрозии), мм		0	-
Вместимость, м ³		0,088	-

Продолжение таблицы 4.1

Наименование частей сосуда	Корпус	Трубное пространство
Максимальная масса заливаемой среды, кг	44	-
Наружный диаметр корпуса, мм	306	-
Высота, мм	1360	-
Материал	сталь 12X18Н10Т	-
Назначенный срок службы сосуда, лет	20	-

4.3 Выводы и рекомендации по минимизации скопления кислорода в производственном азоте

Учитывая вышесказанное, постоянные испарения и добавления производственного азота приведут к повышению концентрации кислорода в резервуаре, что переводит данный продукт в марку технического азота, и не позволяет применять его в качестве инертного газа во взрывоопасных средах.

Рекомендовано эксплуатирующей организации следующие варианты мероприятий обеспечения безопасности:

1) проведение лабораторного аналитического контроля производственного азота на присутствие в нем кислорода, с периодичностью один раз в месяц. Данное испытание проводить поточным газоанализатором THERMOX CG1000 или АМТЕК CG1000 через патрубок выдачи азота потребителю;

2) разработка методики (ЛНД) отогрева криогенного резервуара с указанием в нем периодичности проведения отогрева один раз в 24 месяца. Данный метод позволит исключить вероятность накопления кислорода в производственном азоте.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Характер деятельности данного опасного производственного объекта требует строгого соблюдения правил по обеспечению его безопасной эксплуатации.

В настоящей работе при анализе проектных методов обеспечения безопасности были выявлены три недостатка. При проведении исследования данные недостатки подтвердились.

В диссертации была проведена следующая работа:

1. Определены цели, задачи исследования, а также произведен поиск и определение методов решения;
2. Изучена законодательная, теоретическая, нормативно-правовая база в исследуемой области;
3. Приведена краткая характеристика производства;
4. Проведен анализ решений направленных на обеспечения промышленной безопасности при производстве азота;
5. Произведено исследование рисков, которое основывается на опыте эксплуатации, не опираясь на теоретические подтверждения надежности процессов:
 - а) предохранительный клапан, не обеспечивающий необходимую защиту ректификационной колонны;
 - б) система очистки кислородной фазы от примесей углеводородов во время проведения регенерации адсорбера;
 - в) скопление кислорода в продукционном азоте, в процессе хранения последнего как аварийного запаса.
6. Сформулированы рекомендации по обеспечению безопасности при производстве азота на АО «СНПЗ».

В заключении можно добавить, что данные мероприятия были приняты к рассмотрению (Приложение В) и обеспечат безопасное производство и применение азота на АО «СНПЗ»

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Приказ Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 28.11.2016 г. № 500 «Об утверждении федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Правила безопасности при производстве и потреблении продуктов разделения воздуха» [Электронный ресурс]. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/420385053> (дата обращения: 18.05.2019).

2. Приказ Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 25 марта 2014 г. N 116 "Об утверждении Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Правила промышленной безопасности опасных производственных объектов, на которых используется оборудование, работающее под избыточным давлением» (с изменениями и дополнениями) [Электронный ресурс]. – URL: <https://base.garant.ru/70661606/> (дата обращения: 28.06.2019).

3. Приказ Ростехнадзора от 26.11.2015 N480 «О внесении изменений в Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств», утвержденные приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 11 марта 2013 г. N96 [Электронный ресурс]. – URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=268197> (дата обращения: 13.04.2019).

4. ГОСТ 12.2.085-2002. Сосуды, работающие под давлением. Клапаны предохранительные. Требования безопасности. — Введ. 2003-07-01. – М.: ОАО "НИИХИММАШ", 2003. – 12 с.

5. ГОСТ 33257-2015. Арматура трубопроводная. Методы контроля и испытаний. — Введ. 2016-04-01. - Москва: Стандартинформ, 2016. — 54 с.

6. ГОСТ 12.2.085-2017. Арматура трубопроводная. Клапаны предохранительные. Выбор и расчет пропускной способности. – Введ. 2018-11-01. – М.: Стандартиформ, 2018. – 66 с.
7. ГОСТ 9293-74 (ИСО 2435-73) Азот газообразный и жидкий. Технические условия (с Изменениями N 1, 2, 3, с Поправками N 1, 2). — Введ. 1976-01-01. – М.: Стандартиформ, 2007. – 16 с.
8. ВРД 39-1.10-064-2002. Оборудование для сжиженного природного газа (СПГ). — Введ. 2002-06-18. – М.: ООО «ИРЦ Газпром», 2002. – 56 с.
9. Сосуды и аппараты криогенных установок. Методика технического освидетельствования: РД 2082-17-99.: утв. Комитетом Р.Ф. по машиностроению 13.05.93 г.; введ. в действие с 01.04.99. – М.: 2002, -56 с.
10. Программа технического диагностирования и продления назначенного срока службы криогенных резервуаров: РД 2082-18-2005.: утв. ОАО Криогенмаш 01.04.06; введ. в действие с 01.04.06. – М.: ОАО Криогенмаш, 2006. — 29с.
11. Технологический регламент криогенной воздухоразделительной установки А-1,5 цех энергопроизводства АО «СНПЗ»; АО "Сызранский НПЗ" — Сызрань, 2018. — 223 с.
12. План мероприятий по локализации и ликвидации аварий на ОПО АО «СНПЗ» площадка цеха энергопроизводства, цех производства азота; АО "Сызранский НПЗ"— Сызрань, 2018. — 236 с.
13. Система хранения компактная типа БСХ. Руководство по эксплуатации. — Балашиха: ОАО "Криогенмаш", 2011. — 185с.
14. Файнштейн, В.И. Обеспечение взрывобезопасности воздухоразделительных установок: ретроспективный анализ проблемы и современное состояние /В.И. Файнштейн. — 2-е изд. — Одесса: Институт низкотемпературных энерготехнологий, 2009. — 66с.
15. Кортиков, А.В. Практические вопросы безопасности при работе с оборудованием для производства, транспортирования и потребления

продуктов разделения воздуха. Азот и аргон /А.В. Кортиков. — 1-е изд. — Одесса: Технические газы, 2011. — 72с.

16. Файнштейн, В.И. Оценка степени приближения к опасным условиям работы конденсаторов-испарителей воздуходелительных установок /В.И. Файнштейн. — 5-е изд. — Одесса: Технические газы, 2009. — 240 с.

17. Файнштейн, В.И. Исследование надёжности предохранительных клапанов при возможном переполнении резервуара жидким криоагентом/ В.И. Файнштейн. — 5-е изд. — Одесса: Технические газы, 2009. — 215 с.

18. Файнштейн, В.И. Некоторые особенности обеспечения безопасности при производстве и применении продуктов разделения воздуха/ В.И. Файнштейн. — 5-е изд. — Одесса: Технические газы, 2013. — 219с.

19. Файнштейн, В.И. Кислород, азот, аргон - безопасность при производстве и применении /В.И. Файнштейн. — 1-е изд. — Москва: Интернет Инжиниринг, 2008. — 192с.

20. Файнштейн, В.И. Загрязнение жидких криогенных продуктов при технологических операциях хранения и транспортирования /В.И. Файнштейн, А.М. Домашенко, Ю.И. Беляев// Технические газы. - 2007. - №5 — с. 65-68.

21. Файнштейн, В.И. О влиянии на работу адсорбционных установок загрязнений перерабатываемого воздуха влагой, диоксидом углерода и некоторыми другими примесями /В.И. Файнштейн// Технические газы. - 2012.- №4-е — с. 57-60.

22. Файнштейн, В.И. Вклад ОАО «Криогенмаш» в разработку принципов и технических решений, обеспечивающих взрывобезопасную работу воздуходелительных установок /В.И. Файнштейн// Технические газы. - 2014. - №6 — с. 58-59.

23. Данкерт-Паулсен, Р., Влчек, В. Исследование надёжности предохранительных клапанов при возможном переполнении резервуара

жидким криоагентом /Р. Данкерт-Паулсен, В. Влчек. // Технические газы. - 2012. - №4 — 144 с.

24. Файнштейн, В.И. Кислород, азот, аргон - безопасность при производстве и применении /В.И. Файнштейн. — 1-е изд. — М.: Интернет Инжиниринг, 2008. — 192с.

25. Пат. 2305003 Российская Федерация, МПК В01D 53/04 АДСОРБЕР [Текст]/ Гетин М.Б., Духанин Ю.В.; заявитель и патентообладатель Открытое акционерное общество криогенного машиностроения ОАО "Криогенмаш"-№ 2005126825/15; заявл.25.08.2005.; опубл. 27.08.2007, Бюл.№24 – 6 с.

26. Пат. 1624236 РСФСР, МПКF17C 3/00 КРИОГЕННЫЙ РЕЗЕРВУАР [Текст]/ Бурмистров В.Н.; заявитель – № 2005126825/15; заявл.10.08.1988.; опубл. 30.01.1991, 2 с.

27. Пат. 176076 Российская Федерация, МПК, F16K 47/08 КЛАПАН ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНЫЙ [Текст]/ Сурсин И.А., Чубков И.А., Куклин Н.С.; заявитель и патентообладатель ОАО "Торговый дом "Воткинский завод" - № 2017118607,; заявл.29.05.2017.; опубл. 27.12.2017, Бюл.№36 – 5 с.

28. Пат. 191659 Российская Федерация, МПК G01N 30/88, G01N 30/00 ГАЗОВЫЙ ХРОМАТОГРАФ [Текст]/ Дарьян А.Г., Голубев П.В., Лапин В.А., Астахов А.В., Иванов О.Н., Ласкавый Д.В., Шадрим А.М., Образцов Р.М.; заявитель и патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью "Научно-производственная фирма "Мета-хром" (ООО "НПФ "Мета-хром") - № 2018145453,; заявл.12.20.2018.; опубл. 15.08.2019, Бюл.№23 – 9 с.

29. Santos, J. C. , Magalhães, F. D. , Mendes, A. Contamination of Zeolites Used in Oxygen Production by PSA: Effects of Water and Carbon Dioxide / J. C. Santos, F. D. Magalhães, A. Mendes // Ind / Eng. Chem. Res – 2008. - Vol. 47, № 16. P. 203.

30. Malka-Edery, A., Abdallah, K. , Grenier, Ph., Meunier, F. Influence of Traces of Water on Adsorption and Diffusion of Hydrocarbons in NaX Zeolite /

A. Malka-Edery, K. Abdallah, Ph. Grenier, F. Meunier Adsorption – 2001. № 7. P. 17-25.

31. Study of mixtures separation processes in packed rectification columns under the conditions of cryogenic temperatures // Proc. 23 International Congress of Refrigeration. – Prague, Czech Republic/ – 2011. – ID: 175.

32. Reference Fluid Thermodynamic and Transport Properties Database (REFPROP. Version 8.00) // National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, Maryland. – NIST. – 2007.

33. Zhige, Xu D. Diffusion of oxygen and nitrogen in 5A zeolite crystals and commercial 5A pellets / Douglas, Zhige Xu. // Chemical Engineering Science – 1993. – Vol. 18, №48. – P.307 .

34. Богданов, П.В. Методы обеспечения безопасной работы блока разделения на установке по производству азота ВРУ А-1,5 // Экспериментальные и теоретические исследования в современной науке: сб. ст. по матер. XLVIII междунар. науч.-практ. конф. № 18(43). – Новосибирск: СибАК, 2019. – С. 33-35.

35. Богданов, П.В. Минимизация рисков скопления кислорода в продукционном азоте за счет изменение периодичности отогрева криогенного резервуара // Экспериментальные и теоретические исследования в современной науке: сб. ст. по матер. XLVIII междунар. науч.-практ. конф. № 18(43). – Новосибирск: СибАК, 2019. – С. 29-33.

36. Технологическая схема криогенной установки получения азота [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.techgas.ru/wp-content/uploads/2017/05/4321.jpg> (дата обращения: 15.03.2019).

37. Технологическая схема мембранной установки получения азота [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.endyn.ru/wp-content/uploads/2018/10/membrannaja-ustanovka.png> (дата обращения: 17.03.2019).

38. Технологическая схема установки получения азота методом КЦА [Электронный ресурс]. – URL: [https://www.dizel-status.ru/_userfile/4\(17\).jpg](https://www.dizel-status.ru/_userfile/4(17).jpg) (дата обращения: 17.03.2019).

Приложение А

Лабораторный аналитический контроль

Таблица А.1 - Лабораторный аналитический контроль

Среда	Контролируемый параметр	Частота и способ контроля	Метод испытания и средства контроля	Точность измерений	Контроль
1 Атмосферный воздух	механические примеси, мг/м ³ , не более 0,1	1 раз в неделю	гост 24484-80	0,01	лаборант установки (точка отбора а218/а219)
	прочие примеси:				
	двуокись углерода (СО ₂), ppm, не более: 400		инструкция по контролю содержания примесей двуокиси углерода в газах хроматографическим методом 2082 364 000 икз		
	оксид углерода (СО), ppm, не более: 0,6		гост 5583	0,1	
	ацетилен, ppm, не более: 1,0		р-2082-7-2005 (рекомендации по определению микросодержаний предельных и непредельных углеводородов хроматографическим методом).	0,1 млн ⁻¹	
	этан, этилен, пропан в сумме (в пересчете на этан), ppm, не более: 1,0			0,1 млн ⁻¹	
	углеводороды парафинового ряда, содержащие 4 и более атомов углерода (в пересчете на бутан), ppm, не более: 1,0			0,1 млн ⁻¹	
	углеводороды ацетиленового ряда в сумме (в пересчете на метилацетилен), ppm, не более: 0,075			0,01 млн-1	
	водород (h ₂), ppm, не более: 0,75				

Продолжение таблицы А.1

Среда	Контролируемый параметр	Частота и способ контроля	Метод испытания и средства контроля	Точность измерений	Контроль
	масло, мг/м ³ , не более 0,02		стп 2082-656-2007 «люминесцентный метод определения содержания минеральных масел»	0,005	
	сероводород (h ₂ s), ppm, не более: отсутствие	1 раз в неделю	рд 52.04.186-89		лаборатория цеха 11 (воздух рабочей зоны)
	окислы серы (в пересчете на so ₂), ppm, не более: 1,5		рд 52.04.186-89		
	окислы азота (в пересчете на no ₂), ppm, не более: 0,05		рд 52.04.186-89		
2 Воздух из бко а215	содержание двуокиси углерода, ppm, не более 0,1	1 раз в неделю	инструкция по контролю содержания примесей двуокиси углерода в газах хроматографическим методом 2082 364 000 икз	0,005	лаборант установки
3 Воздух из бко а223	содержание влаги, ppm, не более 1	при проведении отогрева	портативный анализатор влажности mms35-is-231-0 (или аналогичный) рэ на прибор	1	старший аппаратчик воздуходеления
4 Газ регенерирующий из адсорбера ап202 (ап201) а218 (а219)	содержание влаги, ppm, не более 37	через 6 и 14 часов после начала высокотемпературной регенерации	портативный анализатор влажности mms35-is-231-0 (или аналогичный) рэ на прибор	1	старший аппаратчик воздуходеления

Продолжение таблицы А.1

Среда	Контролируемый параметр	Частота и способ контроля	Метод испытания и средства контроля	Точность измерений	Контроль
5 Воздух жидкий, обогащенный кислородом. а301	содержание сероуглерода, мг/дм ³ (жидкости), не более 0,0	при менее 0,06: 2 раза в день через 4 часа. от 0,06 до 0,12: через 2 часа	инструкция по определению примеси сероуглерода в жидком кислороде и воздухе колориметрическим методом 2082 364225 ии1	0,01	лаборант установки
6 Воздух жидкий, обогащенный кислородом а319 (а320)	содержание ацетилена, мг/дм ³ (жидкости), не более 0,04	2 раза в день через 4 часа.	р-2082-7-2005 (рекомендации по определению микросодержаний предельных и непредельных углеводородов хроматографическим методом).	0,01	лаборант установки
	содержание углеводородов группы с ₃ -с ₄ в сумме, мг/дм ³ (жидкости), не более 5,5			0,1	
	содержание углеводородов группы с ₅ -с ₆ в сумме, мг/дм ³ (жидкости), не более 0,5			0,1	
	содержание высших ацетиленовых углеводородов мг/дм ³ (жидкости), не более 0,07			0,01	

Продолжение таблицы А.1

Среда	Контролируемый параметр	Частота и способ контроля	Метод испытания и средства контроля	Точность измерений	Контроль	
7 Азот производственный после ап301 а311	объемная доля кислорода, % об., не более 0,001	2 раза в день, через 4 часа	гост 9293	0,0001	лаборант установки	
	объемная доля азота, % об., не менее 99,996	1 раз в неделю	гост 9293	0,001		
	объемная доля водяного пара в газообразном азоте, %, не более 0,0007			0,0001		
	содержание масла, механических примесей и влаги в жидком азоте: выдерживает испытание по п.3.8.					
	объемная доля водорода, %, не более 0,001					0,0001
	объемная доля суммы углеродсодержащих соединений в пересчете на сн4, %, не более 0,001					0,0001

Приложение Б

Характеристика предохранительного клапана типа 06855 производства фирмы «Herose GmbH»

Safety Valves

Type 06850, Type 06855



Safety Valves, angle type, stainless steel, type tested, TÜV-SV.1130. S/G/L

Full lift / standard safety valve (D₀ 10 standard, D₀ 14 and D₀ 18 full lift)

metal to metal seated, *cleaned and degreased for oxygen service*

closed bonnet, gastight cap or lifting device

Inlet: male thread type G (BSPP) acc. to ISO 228/1

Outlet: female thread type G (BSPP) acc. to ISO 228/1

Part No. 06850.X.000000M (Pmax 20.0 bar)

Part No. 06850.X.000000H (Pmax 250.0 bar) stellited version
with gastight cap

Part No. 06855.X.000000M (Pmax 20.0 bar)

Part No. 06855.X.000000H (Pmax 250.0 bar) stellited version
with lifting device

Available options - on request only:

· Flange-, NPT- or Tri-Clamp connection for in- and outlet

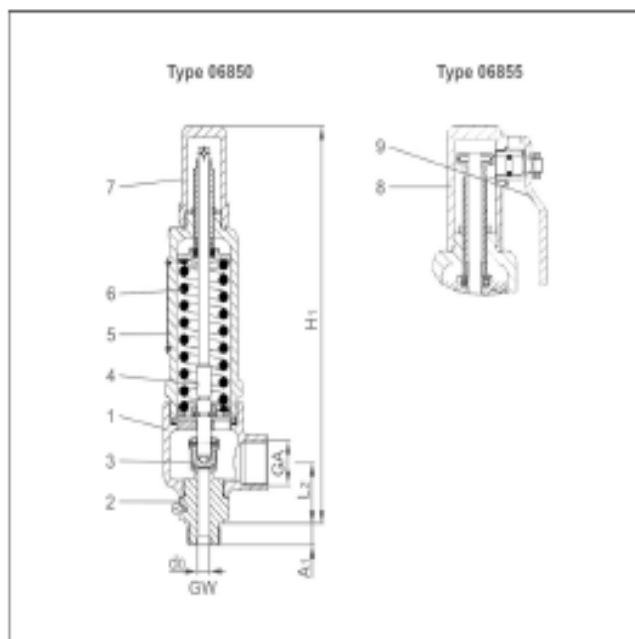


Applications:

Provided as safety device for protection against excessive pressure in gas cylinders and pressure vessels. Approved for gases, vapours and liquids. Working temperature: -270°C / -454°F (3K) up to +400°C / +752°F (673K)

Pressure-temperature must be observed, suitable for horizontal installation from 20 bar

Materials	DIN EN	ASME/ASTM
1 Outlet body	1.4408	A 351 CF8M
2 Inlet body	1.4571	A 276 Grade 316Ti
3 Disc	1.4571	A 276 Grade 316Ti
4 Stem	1.4404	A 276 Grade 316L
5 Bonnet	1.4408	A 351 CF8M
6 Spring	1.4571	A 313 Grade 316Ti
7 Cap	1.4408	A 351 CF8M
8 Lifting cap	1.4408	A 351 CF8M
9 Lever	1.4301	A 276 Grade 304



Standard marking acc. to Pressure Equipment
Directive 97/23/EC (PED).



Приложение В

Расчет пропускной способности предохранительного клапана

Расчет предохранительных клапанов выполнен в соответствии с методикой и требованиями ГОСТ [6]

Задачей расчета предохранительных клапанов является:

- определение пропускной способности клапана;
- определение массового расхода газа, подлежащего сбросу через клапан;
- выбор типа клапана;
- определение количества устанавливаемых клапанов.

Пропускную способность клапана, G , кг/ч, рассчитывают по формуле Б.1

$$G = 3,16 \cdot B_3 \cdot \alpha_1 \cdot F \sqrt{P_1 \cdot \rho_1}, \quad (\text{Б.1})$$

где B_3 - коэффициент, учитывающий физико-химические свойства газов для азота, кислорода, воздуха 0,77

α_1 - коэффициент расхода клапана, соответствующий площади F ;

F - площадь сечения клапана, мм²;

P_1 - максимальное абсолютное давление перед клапаном, МПа;

ρ_1 - плотность газа перед клапаном при параметрах P_1 и T_1 , кг/м³,

T_1 - температура среды перед клапаном, К.

Массовый расход газа, подлежащего сбросу через предохранительный клапан, G , кг/ч, рассчитывают, исходя из следующих условий:

Общие теплопритоки через изоляцию распределяются между аппаратами пропорционально площадям их поверхности;

- Принимается пятикратный запас по теплопритокам (на случай ухудшения свойств изоляции)
- В жидкостных аппаратах и трубопроводах теплопритоки приводят к испарению части жидкости, т.е. массовый расход сбрасываемого газа G_1 в кг/ч рассчитан по формуле 2 для испарившейся жидкости:

$$G_1 = \frac{5 \cdot q_{0.c.} \cdot V_{\text{ПЕР}} \cdot F_{\text{АПП}}}{24,041 \cdot r \cdot \Sigma F_{\text{АПП}}}, \quad (\text{Б.2})$$

где $V_{\text{ПЕР}}$ – объемный расход перерабатываемого воздуха 3780 м³/ч;

$F_{\text{АПП}}$ – площадь поверхности аппарата, м², см. табл. Б.1;

$\Sigma F_{\text{АПП}}$ – суммарная площадь поверхности аппаратов, м², см. табл. Б.1;

r – скрытая теплота парообразования, кДж/кг, см. табл. Б.2;

$q_{0.c.}$ – удельные теплопритоки, 160 Дж/моль.

Предохранительный клапан основной колонны ПК302 должен обеспечить сброс газа, расход которого равен производительности конденсатора:

$$G_1 = \frac{Q_{\text{КОНД}} \cdot V_{\text{ПЕР}}}{24,041 \cdot r}, \quad (\text{Б.3})$$

где $Q_{\text{КОНД}}$ – тепловая нагрузка основного конденсатора, Дж/моль 3157;

$V_{\text{ПЕР}}$ – объемный расход перерабатываемого воздуха, м³/ч 3780;

r – скрытая теплота парообразования, кДж/кг см. табл. 2;

Предохранительный клапан ПК302 должен обеспечить сброс максимального количества отбросного газа, которое имеет место в газожидкостном режиме работы установки.

$$G_1 = 3100 \text{ кг/ч}$$

Таблица Б.1 - Исходные данные для расчета площадей поверхностей аппаратов

Наименование аппаратов	Количество аппаратов	Площадь поверхности аппарата, м ²	Площадь поверхности аппарата с учетом трубопроводов (10%); F _{АПП} , м ²
колонна основная МВ-8/100 (АП305)	1	32,192	35,4112
конденсатор основной КП-183/13 (АП306)	1	22,17	24,387
теплообменник основной (АП301)	1	16,123	17,7353
теплообменник (переохладитель жидкого азота) ТНВ -0,5/2,5 (АП303)	1	0,89	0,979
агрегат турбодетандерный ДТГ-2,8/0,4 -А (ДТГ411)	1	0,5	0,55
адсорбер Аж-0,075/3 (АП313)	1	1,409	1,55
фильтр ЖФ -1,0 -20/100 (АП314)	1	0,27	0,297
испаритель (АП308)	1	0,997	1,0967
суммарная площадь поверхности аппаратов, $\sum F_{\text{АПП}}$, м ²	1	74,551	82,006

Для расчета принимаем $\sum F_{\text{АПП}} = 82,006 \text{ м}^2$.

Таблица Б.2 - Исходные данные и результаты расчета предохранительного клапана

Наименование показателей	ПК302
Место установки клапана по схеме	колонна нижняя АП305
Условия расчета клапана (номер расчетной формулы)	2.2
Площадь поверхности аппарата, F _{АПП} , м ²	35,4112
Массовый расход сбрасываемого газа, G ₁ , кг/ч	330
Среда	Воздух
Параметры среды перед клапаном:	
-избыточное давление, P ₁ , МПа	0,88
-температура, T ₁ , К	107,7

Продолжение таблицы Б.2

Наименование показателей	ПК302
Плотность, ρ_1 , кг/м ³	39,62
Расчет изб. давление защищаемого объекта (сосуда), P_p , МПа	0,8
Максимальное изб. давление за клапаном (противодавление), P_2 , МПа	0,0
Давление настройки клапана, P_n , МПа (изб)	0,8
Скрытая теплота парообразования, r , кДж/кг	161,7
Коэффициент расхода клапана	$\alpha_1 = 0,8$
Площадь седла клапана, F_c , мм ²	176,6
Пропускная способность клапана, G , кг/ч	2286
Количество клапанов, n , шт.	1
Суммарная пропускная способность клапанов, G_{Σ} , кг/ч	2286

Приложение Г

Протокол о принятии к рассмотрению результатов НИР



ПРОТОКОЛ

о принятии к рассмотрению результатов научно-исследовательской работы

1. Разработчик – Богданов Павел Викторович
2. Организация, принявшая к рассмотрению разработку – АО «Сызранский нефтеперерабатывающий завод»
3. Наименование работы «Методы обеспечения промышленной безопасности при производстве азота на АО «Сызранский нефтеперерабатывающий завод», руководитель к.т.н., доцент, Филимонов Владимир Алексеевич
4. Место предполагаемого внедрения: установка производства азота, цех №17
5. Предмет предполагаемого внедрения: методика и алгоритм проектирования технологии производства азота в области промышленной безопасности.
6. Эффективность предполагаемого внедрения: обеспечение безопасных условий работы оборудования воздухоразделительной установки, при производстве азота.
7. Сроки предполагаемого внедрения: 2020-2024гг.



«23» июля 2019 года

И.Г. Кузьмин