

УДК 614.841.3

К вопросу совершенствования противопожарной защиты модуля установки комплексной подготовки газа Мыльджинского месторождения

Душкин П.С., Макаров В.М.

ФГБОУ ВО Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

Аннотация. Рассмотрены проблемы обеспечения пожарной безопасности установок комплексной подготовки газа. Рассмотрены особенности образования пожара взрывоопасных сред при нормальном режиме работы оборудования. Проведен анализ аварийных сценариев и прогноз последствий аварий, пожаров, взрывов. Проведена экспертиза противопожарных мероприятий.

Ключевые слова: месторождение, газ, взрыв, авария, пожар. Противопожарная защита.

On the issue of improving the fire protection of the module of the complex gas treatment unit of the Myldzhinsky field

Dushkin P.S.; Makarov V.M.

FSBEE HE Siberian Fire and Rescue Academy EMERCOM of Russia

Annotation. The problems of ensuring fire safety of integrated gas treatment plants are considered. The features of the formation of fire-explosive environments under normal operation of the equipment are considered. Conducting an analysis of emergency scenarios and forecasting the consequences of accidents, fires, and explosions. An expert examination of fire-fighting measures was carried out.

Keywords: field, gas, explosion, accident, fire. Fire protection.

Введение

Мыльджинское газоконденсатное месторождение – одно из крупнейших промышленных предприятий Томской области. Месторождение содержит полный перечень углеводородного сырья – от сухого газа до тяжелых углеводородов для производства метанола, пропилена и этилена. За более чем 22-летний период эксплуатации на нем было получено более 8 млрд. м³ газа и более 900 тыс. тонн стабильного конденсата. Продукция, получаемая на Мыльджинском газоконденсатном месторождении, позволяет снять проблемы энергетического обеспечения промышленного сектора Томской области. Кроме этого, томский газ – это решение не только экономических, но и экологических вопросов. Работа энергетических установок на газе более выгодна, поскольку газ экологически чистое и экономичное топливо.

Длительная эксплуатация Мыльджинского месторождения вызвала необходимость анализа и оценки ее пожарной опасности, экспертизы принятых противопожарных мероприятий, проверки соблюдения основных требований, закрепленных в Техническом регламенте о требованиях пожарной безопасности (Федеральный закон РФ № 123-ФЗ от 22.07.2008) [1]

Объект исследования

Модуль установки комплексной подготовки газа подает газ в город. При этом газ идет по двум параллельным линиям: с применением холодильной установки и без ее использования. Оба данных направления обеспечивают давление на выходе 0,6 МПа.

Технологический процесс с применением холодильной установки (рис. 1.1) осуществляется по следующей схеме. Природный газ из магистральных газопроводов поступает на газоперерабатывающую установку с давлением 3,5 МПа и температурой -40 °С. Температура и давление газа, поступающего на

установку, контролируется биметаллическим термометром Т1-302 и манометром Р1-302. Затем природный газ подается в холодильную систему. Природный газ попадает в трубный пучок теплообменника Е-300 (газ/газ), в котором охлаждается обратным потоком отбензиненного (сухого) газа, поступающего из кожуха теплообменника Е-200, схема технологического процесса приведена на рис. 1.

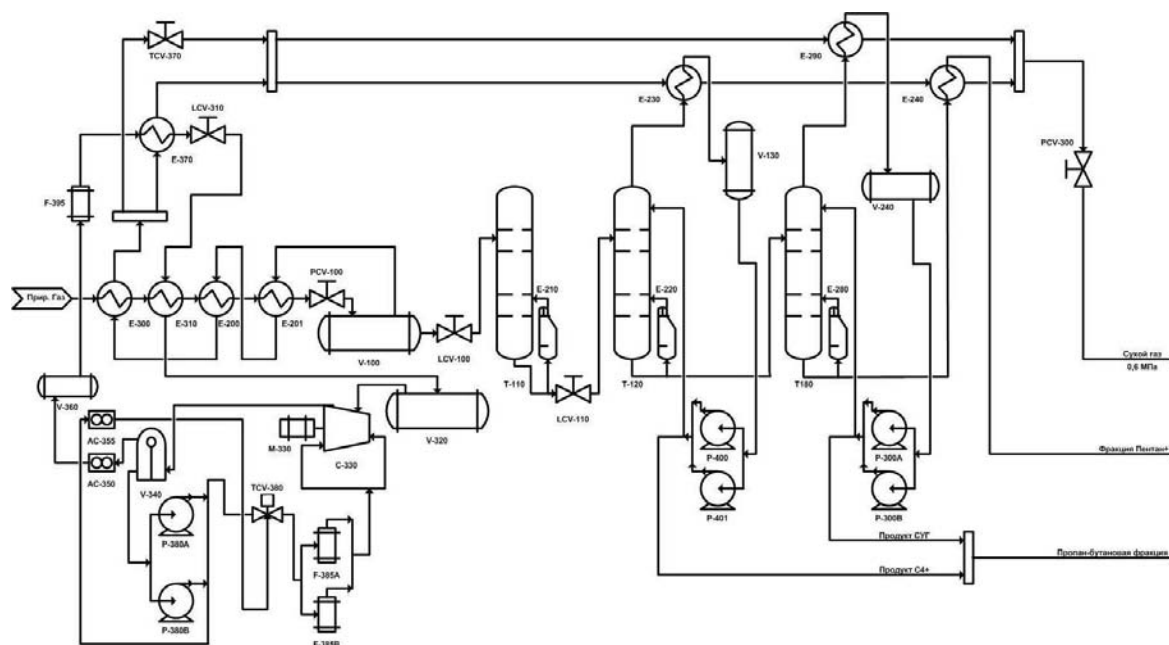


Рис. 1. Схема технологического процесса с холодильной установкой.

Методы исследования

Большую пожарную опасность представляют собой большое количество насосов предназначенных для транспортировки продуктов, при эксплуатации которых возможен выход газа с образованием взрывоопасных концентраций. Температурные напряжения и давление в трубопроводах, а также прогары труб в местах где имеются отложения кокса или солей, являющиеся плохими проводниками тепла. На газоперерабатывающей установке установлено 13 рабочих насосов. По исполнению данные насосы можно разделить на центробежные, плунжерные, шестеренчатые, винтовые, их валы проходят через корпус с сальниковым уплотнением под давлением 2 МПа. Однако даже такое уплотнение полную герметичность не создает, поэтому при нормальной работе насосов наблюдается утечка газа. Величину утечки через сальник центробежного насоса можно оценить по формуле изложенной в [2].

Силу гидроудара при закрытии задвижки в стальном трубопроводе наружным диаметром $d_n = 500$ мм и толщиной стенки $s = 5$ мм. По трубопроводу протекает сжиженный газ со скоростью 3 м/с и объемным весом 770 кг/м^3 . Для определения приращения давления в трубопроводе использовалась формула Н.Е. Жуковского [3]. Допустимое напряжение для теплообменника определялось по методикам и справочным величинам в соответствии с СП 33.13330.2010 «Расчет на прочность стальных трубопроводов». Температура стенки трубы на участках с отложениями и без отложений определялась по уравнениям теплопередачи [4].

Одновременное появление в пространстве трех факторов – горючего вещества, окислителя и источника зажигания – может привести при определенных количественных соотношениях к возникновению и развитию пожара. Основной принцип пожарной профилактики состоит в устранении или хотя бы в разобщении по времени одного из указанных факторов с остальными. На многих производствах горючая среда присутствует постоянно, и именно пожароопасный источник тепла является тем единственным фактором, который может и должен быть устранен. В работе рассмотрены вопросы возникновения источника зажигания при эксплуатации технологического оборудования на газоперерабатывающей установке.

Результаты и обсуждения

В результате расчетов было установлено, что на рассматриваемой установке комплексного получения газа возможно возникновение аварии по трем причинам: гидравлический удар в трубопроводе, температурные напряжения в кожухотрубном теплообменнике и прогар стенок змеевика в трубчатой печи. При резком перекрытии задвижки на проводе газоконденсата давление может развиться до 1,56 МПа, что превышает максимально допустимое (0,79 МПа). В стенках кожухотрубного теплообменника в результате температурных деформации возникающие напряжения могут возрасти до 120,7 МПа, что также превышает допустимое (97,6 МПа). При возникновении отложений в змеевике трубчатой печи стенки могут прогреться до 822°C, что приведет к прогару трубы и выходу продукта в топочное пространство.

В результате оценки возможных источников зажигания установлено, что при возникновении короткого замыкания температура искры в момент ее падения на землю (741°C) превышает температуру самовоспламенения газа (250°C). Энергия капли, отдаваемая горючей среде (42 Дж), выше минимальной энергии зажигания газа (20 мДж). Если капля пролетит в зоне, где образовалась взрывоопасное облако, произойдет взрыв. Опасность возникновения существует и в результате проведения ремонтных работ. Если при соударении металлических элементов образуется фрикционная искра, то ее температура в момент падения на землю (1886°C) будет превышать температуру самовоспламенения газа. Время остывания частички составляет 3 с, что вполне достаточно для того, чтобы его воспламенить. Опасность воспламенения газа от искр, вылетающих из котельной, отсутствует: время полета искры до места расположения резервуаров (41,7 с) значительно превышает время остывания искры (0,23 с), то есть то искра соприкоснется с газом, будучи остывшей ниже температуры самовоспламенения.

На основании анализа пожарной опасности технологического процесса, с учетом режимов работы технологического оборудования проведен анализ его противопожарной защиты. Результат проверки сведены в таблице.

Таблица. Экспертиза противопожарной защиты модуля УКПГ

Наименование технологического оборудования	Принято проектом	Требуется по нормам	Вывод о соответствии
КОЖУХОТРУБНЫЕ ТЕПЛООБМЕННИКИ			
Приборы контроля за температурой	На отводящих линиях установлены термодары	Требуется контроль за средой аппаратов	Соотв. п. 753 [5]
Защита аппаратов от температурных напряжений	Предусмотрена защита плавающими головками но не на всех аппаратах	Требуются температурные компенсаторы	Не соотв. п. 893 [5]
Приборы контроля за содержанием горючих веществ	Не предусмотрены	Предусматриваются методы и средства контроля и сигнализации о взаимном проникновении теплоносителя и технологического продукта	Не соотв. п. 755 [5]
НАСОСЫ ДЛЯ ТРАНСПОРТИРОВКИ ПРОДУКТОВ			
Контроль за температурой подшипников	Не предусмотрен	Требуется установка термодар с выводом в помещение операторной	Не соотв. п. 560 [5]
Наличие системы охлаждения насосов	Предусмотрено охлаждение под давлением	Требуется охлаждение нагретых частей насосов	Соотв. п. 561 [5]
Наименование технологического оборудования	Принято проектом	Требуется по нормам	Вывод о соответствии
Уплотнение валов насосов	Установлены сальниковые уплотнения	Требуются насосы с двойным торцевым уплотнением	Не соотв. п. 6.24 [6]
Наличие сигнализации для насосов	Предусмотрена система с выводом на звуковую сигнализацию	Требуется световая или звуковая сигнализация с выводом сигналов в операторную	Соотв. п. 558, 561 [21]

Наименование технологического оборудования	Принято проектом	Требуется по нормам	Вывод о соответствии
Защитные боковые ограждения насосов	Установлены асбестоцементные листы на высоте 0,6 м от перекрытия	Требуется по условиям естественной вентиляции не доходящие до пола и перекрытия насосной не менее, чем на 0,3м.	Не соотв. п. 6.23 [6]
Наличие системы пожаротушения	Отсутствует	Устройство над насосами стационарных пеногенераторов	Не соотв. п. 6.25 [6]
Наличие заземления	Заземление на электродвигателях	Должны быть заземлены, независимо от заземления электродвигателей	Не соотв. п. 4.3.13 [10]
СБОРНИКИ И ОТСТОЙНИКИ			
Наличие аварийный сливов	Предусмотрены	Требуется аварийная емкость объемом не менее 200 м ³	Соотв. п. 6.43 [6]
Защита емкостей от разрушения при взрыве	Не предусмотрено	Требуется предохранительные клапаны	Не соотв. п. 658 [5]
Контроль за уровнем продуктов	Предусмотрен контроль нижнего и верхнего уровня	Оборудуются сигнализаторами верхнего и нижнего уровней	Соотв. Таб. 1, п. 5 [5]
Наличие обвалования	Высота обвалования составляет 0,3м.	Высота обвалования или ограждающей стены должна быть не менее 0,5м.	Не соотв. п. 6.42 [6]
ГАЗОФРАКЦИОННАЯ УСТАНОВКА			
Аварийный сброс продукта	Оборудованы запорными устройствами с ручным управлением	Должны быть оборудованы запорными устройствами с дистанционным управлением	Не соотв. п. 740 [5]
Выхлопные трубы и глушители	Оборудованы искрогасителями	Должны быть оборудованы искрогасителями	Соотв. п. 1350 [5]
ТРУБЧАТЫЕ ПЕЧИ			
Контроль за давлением поступающего топлива в печь	Контролируется давление в общем коллекторе топливопровода	Контроль автоматическими регуляторами давления	Соотв. п. 789 [5]
Общее отключение подачи топлива к форсункам	Предусмотрена задвижка	Требуется общее отключение	Соотв. п. 779 [5]
Наружная паровая завеса от технологических установок	Не предусмотрена	Печи должны быть оборудованы паровой завесой	Не соотв. п. 764 [5]
Внутреннее паротушение в печах	Предусмотрено удаление при аварии в подземную емкость	Требуется система внутреннего паротушения	Соотв. п. 5.1.12(e), 9.4.1 [7]
Аварийная эвакуация продуктов	Предусмотрено на всех печах	Требуется для ликвидации загорания выброшенных наружу продуктов	Соотв. п. 763 [5]
Продувка змеевиков	Предусмотрено на всех печах	Требуется продувка паром или инертным газом	Соотв. п. 763 [5]
Устройство обратных клапанов	Предусмотрено на всех печах	Должны быть установлены обратные клапаны	Соотв. п. 763 [5]
КОМПРЕССОРЫ			
Приборы контроля за уровнем и сигнализация	Не предусмотрены	Должен оснащаться приборами контроля уровня, сигнализацией и средствами автоматизации, обеспечивающими удаление жидкости при достижении регламентированного уровня	Не соотв. п. 6.1 [8]
Средства контроля герметичности	Не предусмотрены	Определяются способы и средства контроля герметичности уплотняющих устройств и давления в них затворной жидкости	Не соотв. п. 6.1 [8]
Приборы контроля за давлением	Предусмотрены	Должны быть оборудованы манометрами или	Соотв. п. 4.12.6 [9]

Наименование технологического оборудования	Принято проектом	Требуется по нормам	Вывод о соответствии
		автоматическими регуляторами давления	
Наличие автоматических отсекателей топлива	Предусмотрены при понижении давления в приемной линии	Должны быть оборудованы автоматическими отсекателями топливного газа	Соотв. п. 4.6.15 [9]
ФАКЕЛЬНОЕ ХОЗЯЙСТВО			
Зажигание факела	Дистанционное	Должно быть дистанционным	Соотв. п. 4.4.1 [9]
Наличие сепаратора	Не предусмотрено	Следует предусмотреть общий сепаратор не менее 50м. от ствола факела	Не соотв. п. 4.4.6 [9]
Территория вокруг факела	Ограждена в радиусе 50м.	Должна быть ограждена в радиусе не менее 50м.	Соотв. п. 4.4.3 [9]
РЕКТИФИКАЦИОННЫЕ КОЛОННЫ			
Теплоизоляция колонн	Предусмотрена	Требуется	Соотв. Таб. 2, п. 4 [5]
Контроль за уровнем продуктов	Предусмотрен контроль в кубовой части колонн	Требуется установка датчиков и вторичных приборов в помещении операторной	Соотв. п. 70 [8]
Защита отводящих трубопроводов от температурных напряжений	Установлены линзовые температурные компенсаторы	Требуется устройство температурных компенсаторов	Соотв. п. 70 [8]
Средства тушения и охлаждения колонны	Передвижные лафетные стволы, орошение колонны с ручным пуском	Лафетные стволы и кольца орошения для колонн с высотой более 30 м	Соотв. п. 8.26 [6]

Заключение

В результате проведенной экспертизы установлено, что технологический процесс, производственное оборудование в основном соответствуют правилам взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических и нефтехимических производств.

В целях совершенствования противопожарной защиты модуля установки комплексной подготовки газа необходимо реализовать следующие мероприятия:

1. Обеспечить защиту кожухотрубных теплообменников при повышении давления и температурных напряжений. Установить приборы контроля за содержанием горючих веществ.
2. Обеспечить контроль за температурой подшипников в насосах, применяемых для перекачивания ЛВЖ, ГЖ и горючих смесей.
3. Обеспечить насосы стационарными пеногенераторами, устроить независимое заземление насосов.
4. В сборниках и отстойниках предусмотреть защиту аппаратов от разрушения при взрыве, увеличить высоту обвалования.
5. В трубчатых печах устроить наружную паровую завесу отделяющую от технологических установок.
6. Компрессоры оснастить приборами контроля, сигнализацией и средствами автоматизации, обеспечивающими удаление жидкости при достижении регламентированного уровня. Предусмотреть на емкостях средства контроля за герметичностью и переливом.
7. Предусмотреть общий сепаратор на магистральном факельном трубопроводе.
8. Для защиты отводящих трубопроводов от температурных напряжений в ректификационных колоннах предусмотреть устройство температурных компенсаторов
9. Предусмотреть аварийный сброс продукта из газодифракционной установки.

Литература

1. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности, Федеральный закон [Электронный ресурс] : с изм. и доп. Дата обновления: 27.12.2018. Доступ из системы ГАРАНТ.
2. Пожарная безопасность технологических процессов: Учебник / под ред. С.А. Швыркова. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2020. – 426 с. Гриф: Допущено МЧС России

[Электронная библиотека] Режим доступа <http://10.46.0.45/> (Единая Ведомственная электронная библиотека ГПС МЧС России).

3. Задачник по термодинамике и теплопередаче. Ч.Ш. Нестационарные процессы тепломассообмена: Учеб. пособие / Под ред. д-ра техн. наук, проф., акад. НАНПБ Ю.А. Кошмарова. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2005. – 140 с. Зернов С.И. Расчетные оценки при решении задач пожарно-технической экспертизы: Учебное пособие / С.И. Зернов. – М.: ЭКЦ МВД России, 1992. – 214 с.
4. СП 33.13330.2010 «Расчет на прочность стальных трубопроводов». – М.: Изд-во стандартов, 2009. – 79 с.
5. Правила безопасности в нефтяной и газовой промышленности. Приказ Ростехнадзора от 15.12.2020 № 534. – М.: Ростехнадзор, 2020. – 251 с.
6. Ведомственные указания по противопожарному проектированию предприятий, зданий и сооружений нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности ВУПП-88. – М.: Типография ХОЗУ Миннефтехимпрома СССР, 1989. Брушлинский Н.Н. Пожарные риски / Н.Н. Брушлинский, Ю.Н. Шебеко, И.А. Болодьян и др. / Под общей ред. Н.Н. Брушлинского и Ю.Н. Шебеко. – М.: ФГУ ВНИИПО, 2007. – 370 с.
7. Установки нагревательные для нефтеперерабатывающих заводов. Общие технические требования. Заголовок: ГОСТ Р 53682-2009 (ИСО 13705:2006) – М.: Издательство стандартов, 2011. – 75 с. Моделирование пожаров и взрывов / Под ред. Н.Н. Брушлинского и А.Я. Корольченко. – М.: Пожнаука, 2000. – 230 с.
8. Трубопроводы технологические стальные. Требования к устройству и эксплуатации на взрывопожароопасных и химически опасных производствах. Заголовок: ГОСТ 32569-2013. – М.: Издательство стандартов, 2012. – 65 с.
9. Правила пожарной безопасности при эксплуатации предприятий химической промышленности. Заголовок: ППБО 103-79 (ВНЭ 5-79). Годовой отчет о деятельности Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору в 2016 г. Москва, 2017. – 442 с.
10. Правила устройства электроустановок / Министерство топлива и энергетики Российской Федерации; Утв. приказом Минэнерго РФ № 204 от 8.07.2002. – 7-е издание. – М., 2002. – 695 с.