

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Кафедра нефтехимии и техногенной безопасности

**Оценка основных и вторичных опасностей на объекте по хранению газа
в условиях ЧС**

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

студента (ки) 4 курса 441 группы

направления 20.03.01 «Техносферная безопасность»

Института химии

Нейфельд Ирины Анатольевны

Научный руководитель

доцент, к.х.н.

должность, уч. ст., уч. зв.

подпись, дата

В.З. Угланова

инициалы, фамилия

Заведующий кафедрой

д.х.н., профессор

должность, уч. ст., уч. зв.

подпись, дата

Р.И. Кузьмина

инициалы, фамилия

Саратов 2019

ВВЕДЕНИЕ

Современные системы газоснабжения – комплекс сложных, дорогостоящих, размещенных на значительных расстояниях сооружений. Они представляют собой единый технологический комплекс, который функционирует непрерывно и с полной нагрузкой. Однако потребление газа характеризуется сезонной неравномерностью. Для выравнивания суточных колебаний газопотребления, снижения пиковых нагрузок в зимний период и обеспечения гибкости и надежности поставок газа необходимы специальные компенсаторы – газохранилища, которые могут накапливать избытки газа и в случае увеличения спроса, отдавать потребителям. Такими компенсаторами служат подземные хранилища газа (ПХГ).

Создание подземного хранилища газа в пористых средах в России получило начало в 1958 г. С ввода в эксплуатацию небольших выработанных залежей истощенных месторождений Куйбышевской области. Основной целью создания ПХГ явилась утилизация попутного нефтяного газа.

В настоящее время возрастает роль ПХГ в надежной Единой Системе Газоснабжения. Сеть ПХГ обеспечивает в отопительный период от 20 до 40% всех поставок газа. На территории России эксплуатируются 22 ПХГ, которые включают в себя 26 объектов хранения газа: 17 – в истощенных газовых месторождениях, 8 – в водоносных структурах и 1 – в соляных кавернах. Максимальная суточная производительность всех ПХГ на начало сезона отбора 2017-2018 г. составила 805,3 млн. м³ газа.

Наряду с этим, возникают проблемы безопасности предприятия подземного хранения газа, как для людей, так и для окружающей среды в целом. Основными опасностями таких объектов могут быть взрывы, пожары загрязнение территорий, выброс токсических продуктов горения в атмосферу и интоксикации людей при утечке больших объемов горючих токсичных газов.

Актуальность данной работы обусловлена необходимостью повышения уровня безопасности на объектах ПХГ в связи с возможными чрезвычайными ситуациями (авариями, инцидентами и т.д.), последствиями которых могут являться не только материальный и экологический ущерб, но и возможные человеческие жертвы. В целях идентификации опасностей, обоснования технических мер предупреждения аварий и инцидентов необходимо проводить изучение возможных рисков для объектов газовой промышленности.

В связи с этим **целью работы** является оценка и анализ потенциальных опасностей объекта и их поражающих факторов, возникающих в условиях чрезвычайной ситуации, а также рекомендации по повышению уровня безопасности на объекте.

Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие задачи:

- 1) определить и рассчитать параметры, характеризующие поражающие факторы пожарной и взрывной опасностей;
- 2) оценить химическую обстановку при возможном поражении емкостей с диэтиленгликолем;
- 3) оценить экологический ущерб, нанесенный ЧС;
- 4) разработка рекомендаций по повышению уровня безопасности и снижению риска возникновения ЧС на ПХГ.

1 Литературный обзор

1.1 Природный газ. Состав. Свойства

Природный газ – это полезное ископаемое в газообразном состоянии. Он является основным сырьем закачки и хранения подземного хранилища газа.

По своим физическим свойствам природный газ бесцветен и не имеет запаха. Природный газ горюч и взрывопожароопасен. Для определения по запаху газ одорируется. Для этих целей используются химические соединения с резким запахом, чаще всего, меркаптаны – этилмеркаптан.

Природный газ стабилен и не токсичен для людей при нормальных условиях эксплуатации (при атмосферном давлении и низкой концентрации менее 3 мг/м³). Опасные изменения возникают при нагревании, давлении, механическом ударе: взрыв, пожар. Природный газ относится к виду опасных веществ – воспламеняющие газы.

По токсикологической характеристике природный газ относится к веществам 4-го класса опасности и к группе веществ, образующих с воздухом взрывоопасные смеси.

Предельно допустимая концентрация природного газа в воздухе рабочей зоны не должна превышать 300 мг/м³ смеси предельных углеводородов, 0,8 мг/м³ меркаптановой серы и 0,02 мг/м³ сероводорода.

1.2 Способы хранения природного газа

На практике газ может храниться в естественном, сжиженном состоянии и в виде гидратов. Подземное хранение газа в емкостях, а также в газгольдерах низкого, среднего и высокого давления играет важную роль в поставках газа на объекты народного хозяйства.

Основными параметрами, характеризующими работу газового хранилища, являются *объем* и *мощность* хранилища.

По своему назначению подземные хранилища газа подразделяются на оперативные и резервные.

Оперативные хранилища газа, в свою очередь, делятся на базисные (сезонные); пиковые; стратегические; газгольдерные.

Известно, что в настоящее время используют несколько способов хранения газа: в истощенных месторождениях, в водоносных пластах, в соляных кавернах, в твердых горных породах, в кавернах горных пород, в отработанных шахтах. Наиболее популярны из них газовые хранилища в водоносных пластах и в истощенных газовых, газоконденсатных и нефтяных месторождениях – залежах.

1.3 Опасности объектов хранения природного газа

Согласно ФЗ № 116 подземное хранение газа относят к первому классу опасности как пожаро- и взрывоопасный производственный объект.

Особенностями объектов ПХГ является постоянное существование на них пожарной и взрывной опасностей, поражающие факторы которых способны воздействовать на большие территории (высокие температуры, ударная волна, осколки) и большие массы людей (высокие температуры, ударная волна, осколки, токсичные вещества). Максимальную опасность представляют взрывы внутри самих хранилищах с последующим выбросом в атмосферу взрывоопасных и токсичных продуктов.

Основными поражающими факторами ЧС на ПХГ являются тепловое и световое излучение, открытое пламя, ударная волна и осколки разрушенного оборудования, интоксикация персонала и экосистемы в целом продуктами горения

Возможными причинами аварий могут стать:

- дефекты труб и фонтанной арматуры;
- коррозия и эрозия оборудования и трубопроводов;
- физический износ, механическое повреждение или температурная деформация оборудования и трубопроводов;
- вибрация;
- нарушение правил эксплуатации;

- внешние воздействия природного характера (сезонные подвижки грунтов).

1.4 Мероприятия по повышению устойчивости функционирования подземного хранилища газа

Одной из первых задач в процессе эксплуатации подземного хранилища газа является проведение организационно-технических мероприятий по поддержанию риска на имеющемся уровне:

- профилактическая и плановая работы, направленные на выявление дефектов технологической системы, ее остаточного ресурса с последующим ремонтом или заменой;
- своевременный контроль состояния трубопроводов и запорной арматуры, остаточного ресурса технологических трубопроводов, их техническое обслуживание и текущий ремонт;
- профилактические и плановые работы по выявлению дефектов насосного оборудования, остаточного ресурса, последующий ремонт или замена;
- совершенствование мероприятий по профессиональной и противоаварийной подготовке производственного персонала (рабочих, служащих), обучение способам защиты и действиям в ЧС.

1.5 Возможные виды аварийного состояния производства и способы их ликвидации

Аварийные ситуации при эксплуатации ПХГ возможны в следующих случаях:

- отключение электроэнергии;
- прекращение подачи газа;
- прекращение подачи воздуха КИП и А;
- разгерметизация оборудования;
- возгорание;
- прекращение подачи топливного газа;
- нарушение требований промышленной безопасности.

2 Расчетная часть

2.1 Объект исследования. Характеристика опасного производственного объекта

В качестве изучаемого объект выбран стандартный ОПО – подземное хранилище газа. Основное назначение объекта – регулирование неравномерности сезонного потребления и создания резервных запасов газа на базе газоконденсатного месторождения

2.2 Состав объекта

В состав ПХГ входят технологические объекты сбора и распределения природного газа, компрессорные цеха, предназначенные для компримирования газа с целью его дальнейшей закачки в ПХГ, так же в состав объекта входит установка комплексной подготовки газа, предназначенная для осушки и очистки отбираемого из ПХГ природного газа от влаги и механических примесей в соответствии с техническими условиями на газ природный, поставляемый и транспортируемый по магистральным трубопроводам.

2.3 Оценка опасностей при аварии со взрывом

Для оценки опасностей, возникающих на исследуемом объекте в условия чрезвычайной ситуации, были рассчитаны параметры, характеризующие масштабы последствий (зоны полного или частичного разрушения, возможные человеческие поражения и потери).

Радиус зон разрушения (m) в общем виде записывается:

$$R = K \times \frac{\sqrt[3]{W_m}}{\left[1 + \left(\frac{2180}{W_m}\right)^2\right]^{1/6}}, \text{ где}$$

W_m – тротиловый эквивалент взрыва, кг; K – константа соответствующих разрушений.

$$R = K \times \frac{\sqrt[3]{19969,87}}{\left[1 + \left(\frac{2180}{19969,87}\right)^2\right]^{1/6}} = 25,84.$$

Тротиловый эквивалент взрыва рассчитывается по формуле (кг):

$$W_m = \frac{0,4 \times Z \times m \times q}{0,9 \times q_t}, \text{ где}$$

Z – доля приведенной массы паров, участвующих во взрыве (принимается $Z=0,1$); q – низшая теплота сгорания, кДж/кг (по справочным данным для природного газа принимается равным $q = 53082,492$ кДж/кг); q_t – удельная энергия взрыва топлива, кДж/кг (принимается $q_t = 4520$ кДж/кг); m – общая масса газа, кг.

$$W_m = \frac{0,4 \times 0,1 \times 38260 \times 53082,492}{0,9 \times 4520} = 19969,87.$$

Расчет избыточного давления взрыва (кПа):

$$\Delta P = \frac{(P_{\max} - P_0) \times m \times Z \times 100}{V_{\text{св}} \times \rho_{\text{г}} \times C_{\text{ст}} \times K_{\text{н}}}, \text{ где}$$

$P_{\max}$ – максимальное давление взрыва стехиометрической газозооушной смеси в замкнутом объеме (принимается равным 900 кПа); P_0 – начальное давление (принимается равным 101 кПа); m – масса горючего газа, вышедшего в помещение, кг; Z – коэффициент участия горючего во взрыве (принимается равным 0,5); $V_{\text{св}}$ – свободный объем помещения, м (принимается равным 80 % объема помещения); $\rho_{\text{г}}$ – плотность газа, кг/м³; $C_{\text{ст}}$ – стехиометрическая концентрация горючего, % об.; $K_{\text{н}}$ – коэффициент, учитывающий негерметичность помещения и неадиабатичность процесса горения (принимается равным 3).

$$\Delta P = \frac{(900 - 101) \times 38260 \times 0,5 \times 100}{259799 \times 0,8 \times 9,36 \times 3} = 261,90.$$

При $\Delta P = 261,90$ кПа происходит полное разрушение участка подготовки газа. Результаты расчетов радиуса зон разрушений ударной волны взрыва и степень поражения зданий в зависимости от значений избыточного давления приведены в таблице 1 и таблице 2.

Таблица 1 – Результаты расчетов зон разрушений в зависимости от значений избыточного давления во фронте ударной волны взрыва и процент выживаемости людей

Класс зоны	К	Величина избыточного	Характеристика зон поражения (разрушение и обрушение), % выживаемости	Радиус разрушения
---------------	---	-------------------------	--	----------------------

		давления, кПа	персонала:	зданий и сооружений, м
1	1	261,90	- для административно-бытовых зданий и зданий управления обычного исполнения - 30% -для производственных зданий и сооружений обычного исполнения - 0%	25,84
2	3,8	>100	- для административно-бытовых зданий и зданий управления обычного исполнения - 30% -для производственных зданий и сооружений обычного исполнения - 0%	98,19
3	5,6	53	- для административно-бытовых зданий и зданий управления обычного исполнения - 85% -для производственных зданий и сооружений обычного исполнения - 2%	144,70
4	9,6	28	- для административно-бытовых зданий и зданий управления обычного исполнения - 94% -для производственных зданий и сооружений обычного исполнения - 80%	248,06
5	28	12	- для административно-бытовых зданий и зданий управления обычного исполнения - 98% -для производственных зданий и сооружений обычного исполнения - 90%	723,52
6	50	5	Разрушение стеклянных заполнений. Процент выживания - 100%	1447,04

Таблица 2 – Степень поражения зданий в зависимости от избыточного давления

Степень поражения зданий и сооружений	Характеристика поражения человека	Избыточное давление, кПа
Полное разрушение зданий	Крайне тяжелые. Получаемые травмы очень часто приводят к смертельному исходу	262
50%-ное разрушение зданий	Тяжелые. Сильная контузия всего организма, повреждения внутренних органов и мозга, тяжелые переломы	53
Средние повреждения зданий	Средние. Травмы мозга с потерей сознания, повреждения органов слуха, кровотечения из носа и ушей	28
Умеренные повреждения зданий	Легкая. Легкая контузия, временная потеря слуха, ушибы и вывихи	12
Нижний порог повреждения человека волной давления	Отсутствуют. Безопасно для человека	5
Малые повреждения	Отсутствуют. Безопасно для человека	3

2.4 Оценка параметров, характеризующих пожар

Согласно ГОСТ Р 12.3.047-2012 для опасных производственных объектов производится оценка параметров, характеризующих пожар.

Расчет интенсивности теплового излучения при образовании «огневого шара» (кВт/м²):

$$q = E_f \times F_q \times \tau, \text{ где}$$

E_f – среднеповерхностная плотность теплового излучения пламени (допускается принимать 450 кВт/м²); F_q – угловой коэффициент облученности; τ – коэффициент пропускания атмосферы.

$$q = 450 \times 0,02 \times 0,69 = 6,21.$$

Угловой коэффициент облученности рассчитывается по формуле:

$$F_q = \frac{\frac{H}{D_s} + 0,5}{4[(\frac{H}{D_s} + 0,5)^2 + (r/D_s)^2]^{1,5}}, \text{ где}$$

H – высота центра «огненного шара», м (определяется в ходе специальных исследований, допускается принимать H равной $D_s/2$); D_s – эффективный диаметр «огненного шара», м; r – расстояние от облучаемого объекта до точки на поверхности земли непосредственно под центром «огненного шара», м.

$$F_q = \frac{\frac{15,76}{31,52} + 0,5}{4[(\frac{15,76}{31,52} + 0,5)^2 + (67,52/31,52)^2]^{1,5}} = 0,02.$$

Коэффициент пропускания атмосферы рассчитывают по формуле:

$$\tau = \exp [-7,0 \times 10^{-4} (\sqrt{r^2 + H^2} - D_s/2)]$$

$$\tau = \exp [-7,0 \times 10^{-4} (\sqrt{67,52^2 + 15,76^2} - 31,52/2)] = 0,69.$$

Расчет эффективного диаметра «огневого шара»(м):

$$D_s = 5,33m^{0,327}, \text{ где}$$

m – масса горючего вещества, кг.

$$D_s = 5,33 \times 38260^{0,327} = 31,52.$$

Полученные значения интенсивности теплового излучения сравнивают с предельно допустимыми значениями (таблица 3).

Таблица 3 – Степень поражения людей в зависимости от интенсивности теплового излучения

Степень поражения	Интенсивность теплового излучения, кВт/м ²
Без негативных последствий в течение длительного времени	1,4
Безопасно для человека в брезентовой одежде	4,2
Непереносимая боль через 20 - 30 с	7,0
Ожог 1-й степени через 15 - 20 с	
Ожог 2-й степени через 30 - 40 с	
Воспламенение хлопка-волокна через 15 мин	
Непереносимая боль через 3 - 5 с	10,5
Ожог 1-й степени через 6 - 8 с	
Ожог 2-й степени через 12 - 16 с	
Воспламенение древесины с шероховатой поверхностью (влажность 12 %) при длительности облучения 15 мин	12,9
Воспламенение древесины, окрашенной масляной краской по поверхности; воспламенение фанеры	17,0

Время существования «огненного шара» t_s , с, рассчитывают по формуле:

$$t_s = 0,92m^{0,303}$$

$$t_s = 0,92 \times 38260^{0,303} = 22,51.$$

Доза теплового излучения, воздействующая на человека Q (Дж/м²), рассчитывается по формуле:

$$Q = q \times t_s$$

$$Q = 6,21 \times 22,51 = 1,39 \times 10^5 \text{ Дж/м}^2$$

Полученные значения дозы теплового излучения сравнивают с предельно допустимыми значениями (таблица 4).

Таблица 4 – Степень поражения людей в зависимости от дозы теплового излучения

Степень поражения	Доза теплового излучения, Дж/м ²
Ожог 1-й степени	$1,2 \times 10^5$
Ожог 2-й степени	$2,2 \times 10^5$
Ожог 3-й степени	$3,2 \times 10^5$

Степень поражения людей в зависимости от дозы и интенсивности теплового излучения приведет к поражению персонала и может вызвать ожог 1 степени.

2.5 Оценка риска потерь от пожаров

Риск потерь от пожаров рассчитывается:

$$R = G \times D, \text{ где}$$

G – организация обеспечения пожарной безопасности; D – пожарная опасность производства на промышленном объекте.

$$R = 4,76 \times 0,06 = 0,29.$$

$$D = \sum_{i=1}^N (K_i C_i \frac{P_i}{P}), \text{ где}$$

N – количество зданий; C_i – степень огнестойкости зданий (табличное значение, равное); K_i – коэффициент взрывопожарной и пожарной опасности помещения в здании; P_i – площадь основания i-го здания; P – общая площадь оснований N-зданий.

$$D = \left(0,64 \times 0,23 \frac{1726}{14850}\right) + \left(0,64 \times 0,23 \frac{1554}{14850}\right) + \left(0,98 \times 0,45 \frac{902}{14850}\right) = 0,06.$$

Организация обеспечения пожарной безопасности определяется по формуле:

$$G = 1 - \frac{(\sum_{m=1}^{15} \mu_m - 2)^2}{10}, \text{ где}$$

μ_m – величина, определяемая умножением бальной оценки m-го показателя, характеризующая уровень организации обеспечения пожарной безопасности (μ_m×4 – хорошо, μ_m×3 – удовлетворительно, μ_m×2 – неудовлетворительно).

$$G = 1 - \frac{(0,077 \times 2 - 2)^2 + (0,116 \times 2 - 2)^2 + (0,056 \times 4 - 2)^2 + (0,111 \times 3 - 2)^2 + (0,038 \times 4 - 2)^2 + (0,069 \times 4 - 2)^2 + (0,034 \times 2 - 2)^2 + (0,086 \times 4 - 2)^2 + (0,056 \times 4 - 2)^2 + (0,054 \times 4 - 2)^2 + (0,045 \times 4 - 2)^2 + (0,076 \times 4 - 2)^2 + (0,028 \times 4 - 2)^2 + (0,072 \times 2 - 2)^2 + (0,082 \times 4 - 2)^2}{10} = 4,76.$$

2.6 Оценка химической обстановки при разрушении (аварии)

Площадь зоны возможного заражения (км²):

$$S_B = 8,72 \times 10^{-3} \times \Gamma_B^2 \times \varphi, \text{ где}$$

φ – угловые размеры зоны возможного заражения, град (табличное значение, равное);

$$S_B = 8,72 \times 10^{-3} \times 28^2 \times 45 = 11.$$

Площадь фактического заражения рассчитывается (км²):

$$S_{\phi} = k_8 \times \Gamma_{\phi}^2 \times N^{0,2}, \text{ где}$$

k_8 – коэффициент, зависящий от степени вертикальной устойчивости воздуха, принимается равным при инверсии – 0,081, при изотермии – 0,133, при конвекции – 0,235.

Γ_{ϕ} соответствует наименьшей из предельно возможной Γ_n и полной глубин зон заражения Γ .

$$S_{\phi} = 0,235 \times 0,42^2 \times 1^{0,2} = 0,04.$$

Время подхода облака АХОВ к заданному объекту (ч): $t = L/V_n$, где

L – расстояние от источника заражения до заданного объекта, км; V_n – скорость переноса переднего фронта облака зараженного воздуха, км/ч.

$$t = 0,102/28 = 0,004.$$

Продолжительность поражающего действия АХОВ (ч): $T = \frac{hd}{k_2 k_4 k_7}$, где

h – толщина слоя АХОВ, м (принимается $h = 0,05$ м).

$$T = \frac{0,05 \times 1,118}{0,0047 \times 2,0 \times 1} = 6.$$

Количество людей, оказавшихся в очаге поражения, рассчитывается по формуле (чел):

$\Pi = L \times (1 - K_{\text{защ}})$, где L – количество людей, оказавшееся в очаге поражения, чел; $K_{\text{защ}}$ – коэффициент защищенности людей от поражения АХОВ (0,87).

$$\Pi = 12 \times (1 - 0,87) = 2.$$

Площадь разлива определяется процессами растекания и просачивания жидкости (м):

$$S = \frac{m}{h_m \times \rho}, \text{ где } m \text{ – масса пролива; } h_m \text{ – минимальная толщина пленки}$$

жидкости с учетом растекания и просачивания (принимается 0,05 м); ρ – плотность жидкой фазы АХОВ.

$$S = \frac{98}{0,05 \times 1,118} = 1753.$$

Радиус района аварии для АХОВ определяется (м):

$R = 25 \times \sqrt{Q_0}$, где Q_0 – количество АХОВ (т), вышедшее в окружающую среду.

$$R = 25 \times \sqrt{98} = 247,5.$$

Раздел 3 Эколого-экономический ущерб

Эколого-экономический ущерб является обязательной составляющей при оценке последствий техногенных ЧС, описывает потери природных ресурсов. Комплексный ущерб представляет собой сумму локальных ущербов от различных видов воздействий.

Раздел 4 Порядок действий по предупреждению, локализации и ликвидации аварий

Ликвидация аварийных ситуаций на объектах осуществляется силами подразделений предприятия и привлекаемых организаций. Порядок взаимодействия определен планами ликвидации аварий (ПЛА) в структурных подразделениях управления.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ исследуемой информации в области промышленной безопасности, а также защиты населения и территорий от негативных последствий чрезвычайных ситуаций показал необходимость постоянного контроля и надзора за объектами ПХГ с целью минимизации вероятности возникновения или реализации опасностей различной природы (основных и вторичных).

По результатам проведенных исследований и расчетов сделаны следующие выводы:

1. Установлены и рассчитаны параметры, характеризующие пожарную и взрывную опасность. Показано, что при заданных исходных условиях, поражающие факторы взрыва достигают границ промышленной площадок и выходят за ее пределы, создавая угрозу проезжающим рядом машин: $R=98$ м – зона полных разрушений, $R=724$ м – зона умеренных повреждений.

2. Произведена оценка химической обстановки территории при разрушении резервуаров, содержащих диэтиленгликоль. Выявлено, что площадь заражения составит $S=0,04$ км².

3. Экологический ущерб, возникший от загрязнения земель, атмосферного воздуха, составил 242460 руб.

4. Оценены мероприятия по повышению безопасности объекта и снижения риска возникновения ЧС на ПХГ.