

Министерство образования и науки Российской Федерации
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Кафедра нефтехимии и техногенной безопасности

Безопасность эксплуатации газораспределительной станции

АВТОРЕФЕРАТ
ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ БАКАЛАВРА

студента 4 курса 441 группы

направления (специальности): 20.03.01 «Техносферная безопасность»

Института химии

Трутнева Максима Николаевича

Научный руководитель

К.воен.н., доцент
должность, уч. ст., уч. зв.

подпись, дата

М.И. Иванюков
инициалы, фамилия

Заведующий кафедрой

Д.х.н., профессор
должность, уч. ст., уч. зв.

подпись, дата

Р.И. Кузьмина
инициалы, фамилия

Саратов 2016

Введение

Опасные ситуации при использовании природного газа в наше время происходят все чаще, из-за постоянного развития газовых месторождений и промышленности. Аварии, связанные с пожарами и взрывами в промышленно развитых странах, имеют немалые последствия, и их количество увеличивается с каждым годом. С каждым развитием уровня технического оборудования в промышленности, увеличивается вероятность появления опасных ситуаций, связанных с пожаром и взрывом. Пожары и взрывы в данное время являются одной из основных частей чрезвычайных ситуаций на объектах, работающих с природным газом, для того чтобы предотвратить их, необходимо исследовать и разрабатывать меры, направленные на предупреждение и безопасность.

Актуальность работы состоит в исследовании системы газораспределения и выявления «узких» мест, приводящих к авариям в системе газоснабжения.

Однако все причины, по которым происходят чрезвычайные ситуации определить сразу нельзя. При возникновении таких ситуаций, необходимо использовать меры противодействия для ликвидации опасной ситуации.

Целью выпускной квалификационной работы является изучение опасных ситуаций на объекте ГРС, предложения по улучшению безопасности объекта и рассмотрение готовности персонала к оперативной ликвидации аварийной ситуации.

Для выполнения поставленных целей, были решены следующие задачи:

- построение «Древо событий» при отказе технологического оборудования ГРС и утечке природного газа в помещении;
- расчет избыточного давления взрыва для природного газа;
- расчет уровней разрушения под действием «огненного шара»;
- расчет индивидуального риска для персонала.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении рассмотрена актуальность проведения анализа и оценки вероятных аварий.

Содержание 1 главы: в данном разделе описывается назначение и характеристика природного газа, свойства всех веществ, которые находятся в составе природного газа.

Добыча из месторождений природного газа, транспортировка газа к потребителю. Описание организации газораспределения Саратовской области и статистика данных об использовании природного газа в области.

Так же в разделе описаны назначение и характеристика газораспределительных пунктов, состав технологических блоков и описание технологического процесса, аварии и их причины.

Содержание 2 главы: в данном разделе описано составление «древа событий» и исследование всех сценариев развития аварий путем подсчета вероятности возникновения данных сценариев. После того, как подсчет сценариев произведен, исследуем максимально опасную чрезвычайную ситуацию «утечка газа с мгновенным воспламенением». В исследование входят:

1. Расчет избыточного давления взрыва для горючих газов;
2. Расчет интенсивности теплового излучения при образовании «огненного шара»;
3. Схематическое изображение зон разрушения под действием «огненного шара».

Содержание 3 главы: в разделе предложены противопожарные мероприятия направленные на повышение безопасности ГРС. Направленные на поддержание ГРС в рабочем режиме без угроз аварийных и чрезвычайных ситуаций. Так же описаны оптимальные мероприятия по защите персонала и оборудования.

1. Режимы работы и режимные параметры исследуемой ГРС

Автоматическая блочная газораспределительная станция предназначена для обеспечения потребителей природным или нефтяным, заранее очищенным от тяжелых углеводородов, и искусственным газом от магистрального газопровода с давлением от 1,2 до 7,5 МПа путем понижения входного давления до 1,2-0,3 МПа и поддержанием заданного параметра.

Пропускная способность станции 9000 м³/ч при входном давлении $P_{вх}=3,5$ МПа (35 кгс/см²) и $P_{вых} = 0,6$ МПа (6 кгс/см²).

1.1 Описание технологической схемы

Газ под высоким давлением от магистрального газопровода проходит через шаровой кран на подогреватель газа, где происходит, нагрев для исключения кристаллогидратов.

Нагретый газ высокого давления поступает через ручные краны в блок редуцирования соединенный с блоком очистки газа. Блок редуцирования состоит из двух редуцирующих потоков: рабочий и резервный.

После блока редуцирования и очистки газ низкого давления направляется на замерный узел, а затем в блок одоризации.

После одоризации газ поступает в блок переключения через входной кран и через выходную нитку выбрасывается на свечу.

Подготовленный газ направляется к потребителю с выходным давлением 0,6 МПа.

2. Древо событий на газораспределительной станции

В помещении ГРС происходит утечка газа, частота данного события в год 2.4×10^{-4} (год⁻¹), присутствует риск возникновения следующих сценариев:

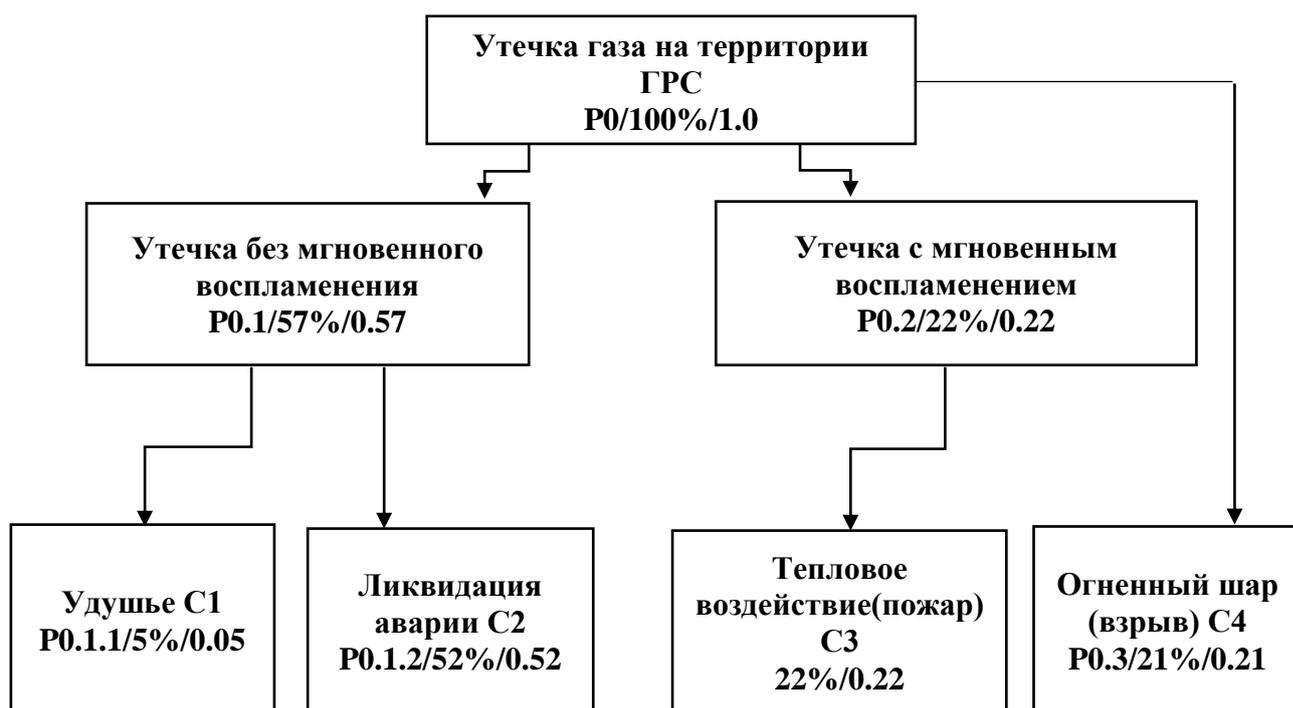
Сценарий №1: в исследуемом сценарии вероятность удушья газом впоследствии утечки природного газа в помещении.

Сценарий №2: в исследуемом сценарии рассматривается вероятность утечки природного газа без мгновенного воспламенения газа и впоследствии

ликвидация аварии.

Сценарий №3: в исследуемом сценарии рассматривается вероятность утечки природного газа с мгновенным воспламенением, и возникновением пожара на территории ГРС.

Сценарий №4: в данном сценарии рассматривается вероятность утечки природного газа с мгновенным воспламенением с последующим возникновением огненного шара (взрыва).



2.1 Расчет вероятности возникновения сценариев аварийной ситуации

Необходим расчет вероятности возникновения всех сценариев аварийной ситуации. Подсчеты проводятся по формуле вероятностей совместных событий P_{C_n} :

$$P_{C_n} = P_0 \times P_{0.n} \times P_{0.n.i} \times P_{0.n.i.k} \times \dots \quad (1)$$

Сценарий №1:

$$P_{C_1} = P_0 \times P_{0.1} \times P_{0.1.1},$$

По формуле P_0 – разгерметизация, утечка в газопроводе (2.4×10^{-4} (год⁻¹));

$P_{0.1}$ – истечение продуктов без мгновенного воспламенения;

$P_{0.1.1}$ – возможность удушья газом в помещении.

Расчет:

$$P_{C_1} = 2.4 \times 10^{-4} \times 5.7 \times 10^{-1} \times 0.5 \times 10^{-3} = 6.84 \times 10^{-8} \text{ год}^{-1}.$$

Сценарий №2:

$$P_{C_2} = P_0 \times P_{0.1} \times P_{0.1.2},$$

где: $P_{0.1}$ – истечение продуктов без мгновенного воспламенения ;

$P_{0.1.2}$ – ликвидация аварии.

Расчет:

$$P_{C_2} = 2.4 \times 10^{-4} \times 5.7 \times 10^{-1} \times 5.2 \times 10^{-1} = 7.113 \times 10^{-4} \text{ год}^{-1}.$$

Сценарий №3:

$$P_{C_3} = P_0 \times P_{0.2},$$

где: $P_{0.2}$ – утечка газа с мгновенным воспламенением;

$P_{0.2.1}$ – тепловое воздействие (пожар).

Расчет:

$$P_{C_3} = 2.4 \times 10^{-4} \times 2.2 \times 10^{-1} = 5.280 \times 10^{-5} \text{ год}^{-1}.$$

Сценарий №4:

$$P_{C_4} = P_0 \times P_{0.2} \times P_{0.3},$$

где: $P_{0.2}$ – утечка газа с мгновенным воспламенением ;

$P_{0.2.2}$ – воспламенение пролива (пожар);

Расчет:

$$P_{C_4} = 2.4 \times 10^{-4} \times 2.1 \times 10^{-1} = 5.040 \times 10^{-5} \text{ год}^{-1}.$$

. Самыми опасными сценариями являются №3 и №4, для дальнейших исследований были выбраны наиболее худшие сценарии развития аварии.

2.2 Расчет избыточного давления взрыва для горючих газов

Развитие аварии: утечка природного газа с мгновенным воспламенением с последующим возникновением огненного шара (взрыва).

Расчет избыточного давления :

$$\Delta P = (P_{\max} - P_0) \times \frac{m \times Z}{V_{cc} \times P_{г.г.}} \times \frac{100}{C_{ст}} \times \frac{1}{K_H} = 1407 \text{ кПа} \quad (2)$$

Исходные данные:

Трубопровод высокого давления $P_T = 3,5$ МПа;

Максимальный расход $q = 2,5$ м³ /с;

Диаметр трубопровода $d = 520$ мм;

Время срабатывания задвижек (автоматическое отключение) $T = 15$ с;

Расстояние между задвижками $l = 2$ м;

Помещение: $9 \times 3 \times 4$ м

Расчет объема газа, вышедшего из отверстия газопровода:

$$V_r = V_{1T} + V_{2T} = 37,5 + 59 = 90,5 \text{ м}^3; \quad (2.1)$$

где V_{1T} – объем газа вышедшего из трубопровода до его отключения, м³ ;

$$V_{1T} = q \times T = 2,5 \times 15 = 37,5 \text{ м}^3; \quad (2.2)$$

где q – расход газа, м³ /с;

T – время, до перекрытия трубопровода, с;

V_{2T} - объем газа, вышедшего из трубопровода после его отключения, м³ ;

$$V_{2T} = 0,01 \times \pi \times \rho_2 \times (r_1^2 \times l_1 + r_n^2 \times l_n) = 0,01 \times 3,14 \times 3,5 \times 10^3 \times 0,52^2 \times 2 = 59 \text{ м}^3 \quad (2.3)$$

P_2 – максимальное давление в трубопроводе по технологическому регламенту, равное $3,5 \cdot 10^3$ кПа;

r – внутренний радиус трубопроводов, м;

L – длина трубопроводов от аварийного аппарата до задвижек, м.

Вычислим массу ГГ, вышедших в результате аварии в помещении:

$$m = V_r \times \rho = 90,5 \times 0,67 = 64,63 \text{ кг}; \quad (3)$$

ρ -плотность горючего газа при температуре 21 °С

Для формулы (2) так же необходимы следующие параметры:

Z – коэффициент участия горючего вещества во взрыве, который допускается принимать для горючих газов $Z = 0,5$;

V_c – свободный объем помещения, в нашем случае:

$$V_c = V_n \times 0,8 = 108 \times 0,8 = 86,4 \text{ м}^3; \quad (4)$$

$C_{ст}$ – стехиометрическая концентрация ГГ, %, вычисляемая по формуле:

$$C_{ст} = \frac{100}{(1 + 4.84\beta)} = 9.36\% , \quad (5)$$

где $\beta = n_c + ((\frac{n_H - n_X}{4}) - (\frac{n_o}{2}))$ – стехиометрический коэффициент

кислорода в реакции сгорания с природным газом, равный 2; (5.1)

K_H – коэффициент, учитывающий не герметичность помещения и неадиабатичность процесса горения. K_H допускается принимать равным 3.

При $\Delta P = 1407$ кПа происходит полное разрушение здания газораспределительной станции.

2.3 Расчет уровней разрушений под действием огненного шара

Расстояние от предполагаемого центра взрыва до объекта, т.е. радиус разрушений, который определяют по формуле:

$$R = K \times \frac{\sqrt[3]{W}}{\sqrt{1 + (\frac{3180}{W})^2}} = K \times 0.70 , \quad (6)$$

где W – тротильный эквивалент взрыва, кг;

K – константа соответствующих разрушений;

Тротильный эквивалент взрыва рассчитывается по формуле:

$$W = \frac{0.4 \times Z \times m \times q}{0.9 \times q_t} = 33.66 , \quad (6.1)$$

где Z – доля приведенной массы паров, участвующих во взрыве (принимается $Z=0,1$),

q – низшая теплота сгорания, кДж/кг (для прир. газа $q = 53082,492$ кДж/кг)

q_t – удельная энергия взрыва тротила, кДж/кг ($q_t = 4520$ кДж/кг),

m – общая масса газа, кг.

Таблица 1 – Зоны разрушений при взрыве природного газа

№ п/п	Зоны разрушений	Радиус разрушений, м
1	Зона полного разрушения, K=1	0,70
2	Зона полного разрушения зданий, K=3,8	2,66
3	Зона 50%-го разрушения зданий, K=5,6	3,92
4	Зона разрушения зданий без обрушений, K=9,6	6,72
5	Зона умеренного разрушения зданий, K=28	19,6
6	Зона повреждения около 10 % остекления, K=56	39,2

2.4 Расчет интенсивности теплового излучения при образовании «огненного шара»

Расчет интенсивности теплового излучения «огненного шара» q , кВт/м², проводят по формуле:

$$q = E_f \times F_q \times \tau = 34,3, \quad (7)$$

где: E_f - среднеповерхностная плотность теплового излучения пламени, кВт/м²;

F_q - угловой коэффициент облученности;

τ - коэффициент пропускания атмосферы.

E_f определяют на основе имеющихся экспериментальных данных. Допускается принимать E_f равным 450 кВт/м².

F_q рассчитывают по формуле:

$$F_q = \frac{H/D_s + 0.5}{4[(H/D_s + 0.5)^2 + (r/D_s)^2]^{1.5}} = 0.1, \quad (8)$$

где: H - высота центра «огненного шара», м;

D_s - эффективный диаметр «огненного шара», м;

r - расстояние от облучаемого объекта до точки на поверхности земли непосредственно под центром «огненного шара», м.

Эффективный диаметр «огненного шара» D_s , рассчитывают по

формуле:

$$D_s = 5.33 \times m^{0.327} = 20.9, \quad (9)$$

где: m - масса горючего вещества, кг.

H определяют в ходе специальных исследований. Допускается принимать H равной $D_s/2$.

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

$$t_s = 0.92 \times m^{0.303} = 3.25, \quad (10)$$

Коэффициент пропускания атмосферы τ рассчитывают по формуле:

$$\tau = \exp[-7.0 \times 10^{-4}(\sqrt{r^2 + H^2} - D_s/2)] = 0.98, \quad (11)$$

Доза теплового излучения, воздействующего на людей:

$$Q = q \times t_s = 1.11 \times 10^5 \text{ Дж/м}^2., \quad (12)$$

Выводы

Из полученных данных было определено, что главными причинами взрывов и пожаров на территории газораспределительной станции являются нарушение технологического процесса и выход давления за критические значения. Нарушения в работе приборов контроля, отказ надежности оборудования, нарушение герметичности оборудования. В связи с этим, рассмотрены вопросы обеспечения пожарной безопасности технологических процессов в помещении и на территории ГРС.

Для повышения безопасности на исследуемой газораспределительной станции рекомендуется установить дополнительные автоматические краны с регуляторами давления, а так же по возможности уменьшить время их срабатывания с 15 секунд до минимума и обеспечить их работу совместно с газоанализаторами в помещении.

Было выявлено, что возникновение и развитие аварийных ситуаций на территории газораспределительной станции понесет за собой ущерб здоровью и жизни людей, потери материальных ценностей и загрязнение окружающей среды.