Энгельсский технологический институт

Кафедра «Технология и оборудование химических, нефтегазовых и пищевых производств»

РАСЧЕТ НАГРУЗОК, СОЗДАВАЕМЫХ УДАРНОЙ ВОЛНОЙ

Методические указания
к практической работе
по курсу «Безопасность жизнедеятельности»
для студентов направлений

09.03.01 «Информатика и вычислительная техника»
09.03.04 «Программная инженерия»
15.03.02 «Технологические машины и оборудование»
15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств»
18.03.01 «Химическая технология»
23.03.01 «Нефтегазовое дело»
29.03.05 «Конструирование изделий легкой промышленности»

очной и заочной формы обучения

Электронное издание локального распространения

Энгельс 2025 г.

Цель работы: провести оценку степени разрушения данных объектов для проведения восстановительных работ.

Нормативная база

1. ТР ТС 032/2013 «О безопасности оборудования, работающего под избыточным давлением»;
2. ГОСТ 12.2.085-2002 «Сосуды, работающие под давлением. Клапаны предохранительные. Требования безопасности»;
3. Федеральный закон N 68-ФЗ «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» от 21 декабря 1994 г.

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ

Нагрузки, создаваемые ударной волной в результате взрыва емкостей со сжатым газом, взрыва газовоздушной смеси, воздушного и наземного ядерных взрывов, приводят к разрушениям зданий, сооружений, оборудования, установок и т.д.

В результате разрушения объектов возникают чрезвычайные ситуации с соответствующими степенями разрушения, опрокидывания и смещения оборудования и установок.

Для принятия решений по проведению восстановительных работ на объектах, подвергшихся разрушению, необходимо провести оценку степени разрушения.

2. МЕТОДИКА РАСЧЕТА.

2.1. ВЗРЫВ ЕМКОСТИ СО СЖАТЫМ ГАЗОМ:

Тротиловый эквивалент, *кг,*

$$q = A / 3{,}8, \qquad (1.)$$

где *A* – работа взрыва (работа газа при адиабатическом расширении), *МДж*.

$$A = [(p_1 \cdot V)[1 - (p_2 / p_1)^{(m-1)/m}]] / (m - 1), \qquad (2.)$$

где p_1 – начальное давление в сосуде, *МПа*; *V* – начальный объем газа, $м^3$;
p_2 - конечное давление, *МПа,* $p_2 = 0{,}1 \cdot p_1$; *m* – показатель адиабаты, *m = 1,4.*

Безопасное расстояние, *м*, от места взрыва для человека

$$R_{min} = 16 \cdot q^{1/3} \qquad (3.)$$

Безопасное расстояние, *м*, места взрыва для жилой застройки

$$R_{min} = 5 \cdot q^{1/2} \qquad (4.)$$

2.2. ВЗРЫВ ГАЗОВОЗДУШНОЙ СМЕСИ.

Избыточное давление при взрыве газовоздушной смеси *, кПа,*

$$\Delta ð_{ô} = (m \cdot H_T \cdot p_0 \cdot z) / (V_n \cdot c \cdot \rho \cdot T_0 \cdot R_H), \qquad (5.)$$

где *m* – масса горючего газа, *кг*; H_T – теплота сгорания, *кДж/кг,* $H_T = 40 \cdot 10^3$ *кДж/кг*; $p_0 = 101$ *кПА* – начальное давление; *z* - доля участия взвешенного дисперсного продукта при взрыве, *z=0,5;*

V_n - объем помещения, $м^3$; *c = 1,01 кДж* – теплоемкость воздуха; $\rho = 1{,}29$ $кг/м^3$ - плотность воздуха;

$T_0 = 300$ *К* – температура в помещении; $R_H = 3$, коэффициент негерметичности помещения;

2.3. ЯДЕРНЫЙ ВЗРЫВ И ВЗРЫВ ЕМКОСТИ

Избыточное давление, *кПа*, во фронте ударной волны наземного и воздушного ядерного взрыва, а также при взрыве емкости со сжатым газом

$$\Delta ð_{ô} = \frac{105 \cdot (\sqrt[3]{0,5 \cdot q})}{R} + \frac{410 \cdot (\sqrt[3]{(0,5 \cdot q)^2})}{R^2} + \frac{1370 \cdot (0,5 \cdot q)}{R^3}, \qquad (6.)$$

где *R* – расстояние от центра взрыва, *м*.

2.4. СТЕПЕНЬ РАЗРУШЕНИЯ ОБЪЕКТА ВОЗДЕЙСТВИЯ (ЗДАНИЯ, СООРУЖЕНИЯ И Т.Д.

Степень разрушения объекта воздействия оценивают по критерию физической устойчивости (сильное, среднее, слабое), а объекты воздействия (оборудование, установки и т.д.) – по критерию опрокидывания и смещения.

2.4.1. Если под воздействием ударной волны с избыточным давлением элементы производственного комплекса разрушаются полностью, разрушение оценивается как сильное; если элементы производственного комплекса в этих условиях могут быть восстановлены в короткие сроки, разрушение оценивается как среднее или слабое.

Степень разрушения производственных комплексов в зависимости от избыточного давления может быть оценена следующим образом:

- для промышленного здания с металлическим или железобетонным каркасом: при избыточном давлении 50…60 кПа – сильное, 40…50 – среднее, 20…40 кПа – слабое;
- для кирпичного многоэтажного здания с остеклением: при избыточном давлении 20…30 кПа – сильное, 10…20 кПа – среднее, 8…10 кПа – слабое;
- для кирпичного одно- и двухэтажного здания с остеклением: при избыточном давлении 25…35 кПа – сильное, 15…25 кПа – среднее, 8…15 кПа – слабое;
- для приборных стоек: при избыточном давлении 50…70 кПа – сильное, 30…50 кПа – среднее, 10…30 кПа – слабое;
- для антенных устройств: при избыточном давлении 40 кПа – сильное, 20…40 кПа – среднее, 10…20 кПа – слабое;
- для открытых складов с железобетонным перекрытием: при избыточном давлении 200 кПа – сильное.

2.4.2. Степень опрокидывания и смещения антенного устройства или приборной стойки.

Скоростной напор взрыва, *кПа*,

$$P_{ск.} = 2,5 \cdot \Delta ð_{ô}^{\,2} / (\Delta ð_{ô} + 7p_0), \qquad (7.)$$

где p_0 – начальное скоростное давление, *кПа,* $p_0 = 101$ *кПа.*

Допустимый скоростной напор взрыва, *кПа*, при опрокидывании антенного устройства или приборной стойки

$$P^{опр.}_{ск} \geq (a / b) \cdot [G / (C_x \cdot S)], \qquad (8.)$$

где *a* и *b* – высота и ширина объекта, *м*; *G* - масса объекта, *Н*; C_x - коэффициент аэродинамического сопротивления; *S* – площадь поперечного сечения приборной стойки, $м^2$.

Если скоростной напор взрыва больше допустимого при опрокидывании, то антенное устройство или приборная стойка опрокинется.

Допустимый скоростной напор взрыва при смещении антенного устройства или приборной стойки

$$P^{см}_{ск} \geq (f \cdot G) / (C_x \cdot S), \qquad (9.)$$

где *f* - коэффициент трения.

Если скоростной напор взрыва больше допустимого при смещении, то антенное устройство сместится.

3. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ.

1. Выбрать вариант (взять у преподавателя.)
2. Ознакомиться с методикой расчета.
3. Выполнить расчет в соответствии с выбранным вариантом:

- Тротиловый эквивалент определяется по формуле (1.)
- Работа газа при адиабатном расширении определяется по формуле (2.)
- Безопасное расстояние, *м*, от места взрыва для человека определяем по формуле (3.)
- Безопасное расстояние, *м*, от места взрыва для жилой застройки определяем по формуле (4.)
- Избыточное давление при взрыве газовоздушной смеси определяется по формуле (5.)
- Избыточное давление при взрыве емкости определяется по формуле (6.)
- Скоростной напор взрыва, *кПа*, определим с помощью формулы (7.)
- Допустимый скоростной напор взрыва при опрокидывании приборной стойки определяется из соотношения (8.)
- Допустимый скоростной напор взрыва при смещении приборной стойки определяется из соотношения (9.).

4. Сделать вывод о степени разрушения объекта воздействия для проведения восстановительных работ и сдать преподавателю.

Вопросы для самопроверки

1. Назовите документы регламентирующие безопасную эксплуатацию оборудования, работающего под избыточном давлением.
2. Назовите мероприятия обеспечивающие безопасную эксплуатацию объектов, в которых возможен взрыв?
3. Как рассчитывается ударная волна?
4. Дайте определение понятию чрезвычайная ситуация?
6. Аварийно-спасательные и другие неотложные работы, проводимые при возникновении чрезвычайных ситуаций и направленные на спасение жизни, и сохранение здоровья людей, снижение размеров ущерба окружающей среде и материальных потерь, а также на локализацию зон чрезвычайных ситуаций, прекращение действия характерных для них опасных факторов, называют?
7. Назовите средства коллективной защиты

ЛИТЕРАТУРА

1. Обязательные издания

1. Борисова, Н. В. Безопасность жизнедеятельности. Лабораторный практикум / Н. В. Борисова, Е. В. Бычкова. — Санкт-Петербург : Лань, 2023. — 168 с. — ISBN 978-5-507-46610-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/351905. — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Рысин, Ю. С. Безопасность жизнедеятельности : учебное пособие / Ю. С. Рысин, С. Л. Яблочников. — Москва : Ай Пи Ар Медиа, 2023. — 132 с. — ISBN 978-5-4497-0440-5. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: https://www.iprbookshop.ru/124636.html. — Режим доступа: для авторизир. Пользователей.

3. Безопасность жизнедеятельности : учебник / под редакцией Э. А. Арустамова. — 21-е изд. — Москва : Дашков и К, 2018. — 446 с. — ISBN 978-5-394-02972-1. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система «Лань» : [сайт]. — URL: https://e.lanbook.com/book/105582. — Режим доступа: для авториз. пользователей.

4. Безопасность жизнедеятельности [Электронный ресурс]: учебное пособие для вузов / Л.А. Муравей [и др.]. – Электрон. текстовые данные. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2012. – 431 с. – Режим доступа: http:// www.iprbookshop.ru/7017. – ЭБС «IPRbooks»

2. Дополнительные издания

1. Еременко В.Д. Безопасность жизнедеятельности [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Еременко В.Д., Остапенко В.С.— Электрон. текстовые данные.— М.: Российский государственный университет правосудия, 2016.— 368 с.— Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/49600.html.— ЭБС «IPRbooks».

2. Безопасность жизнедеятельности в химической промышленности : учебник / Н.И. Акинин, Л.К. Маринина, А.Я. Васин [и др.] ; под общей редакцией Н.И. Акинина. — Санкт-Петербург : Лань, 2019. — 448 с. — ISBN 978-5-8114-3891-4. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система «Лань» : [сайт]. — URL: https://e.lanbook.com/book/116363

3. Екимова И.А. Безопасность жизнедеятельности [Электронный ресурс]: учебное пособие / Екимова И.А. – Электрон. текстовые данные. – Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Эль Контент, 2012. – 192 с. – Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/13876.— ЭБС «IPRbooks»

3. Бурашников, Ю.М. Безопасность жизнедеятельности. Охрана труда на предприятиях пищевых производств : учебник / Ю.М. Бурашников, А.С. Максимов. — 2-е изд., перераб. и доп. — Санкт-Петербург : Лань, 2017. — 496 с. — ISBN 978-5-8114-2497-9. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система «Лань» : [сайт]. — URL: https://e.lanbook.com/book/93587

4. Безопасность жизнедеятельности [Электронный ресурс]: учебное пособие для вузов / Л.А. Муравей [и др.]. – Электрон. текстовые данные. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2012. – 431 с. – Режим доступа: http:// www.iprbookshop.ru/7017. – ЭБС «IPRbooks».

5. СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания». - М.: Стандартинформ, 2022. – 412 с.

3. Периодические издания

6. Журнал «Безопасность труда в промышленности» https://www.elibrary.ru/title_about_new.asp?id=8430

7. Журнал «Охрана и экономика труда» https://www.elibrary.ru/title_about.asp?id=32420

8. Журнал «Экология промышленного производства» https://www.elibrary.ru/title_about_new.asp?id=9263

4.Интернет-ресурсы

9.http://www.tehdoc.ru; http://www.safety.ru – нормативная документация по охране труда;

10.http://www.mintrans.ru –официальный сайт министерства транспорта РФ;

11.http://www.minzdravsoc.ru – официальный сайт Минздравсоцразвития;

12.http://www.mchs.ru/ -официальный сайт МЧС;

13.http://www.gks.ru/ -официальный сайт федеральной службы государственной статистики;

14.http://www.novtex.ru –научно-практический и учебно-методический журнал БЖД;

15.http://www.sci.aha.ru –web атлас по БЖД.

5. Источники ИОС

16. Безопасность жизнедеятельности
http://techn.sstu.ru/new/SubjectFGOS/Default.aspx?kod=1

Таблица 3 – ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ

Вариант	Источник разрушения	Начальное давление, МПа, или тротиловый	Объем емкости, $м^3$	Объект воздействия	Расстояние от центра взрыва, м	Высота и ширина объекта, м	Площадь поперечного сечения объекта, $м^2$	Масса объекта, кг	Коэффициент трения	Коэффициент аэродинамического сопротивления
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.
1.	Емкость со сжатым газом	0,5	100	Многоэтажное кирпичное здание Приборная стойка	100 50	- 2х0,5	- 0,4	- 20	- 0,3	- 0,85
2.	Наземный ядерный взрыв	1	-	Приборная стойка Двухэтажное кирпичное здание с остеклением	105 -	1,4х0,5 -	0,28 -	100 -	0,5 -	0,85 -
3.	Емкость со сжатым газом	10	0,05	Складское кирпичное здание Антенна спутникового телевидения	10 15	- 1,5х1,5	- 1,8	- 10	- 0,16	- 1,6
4.	Воздушный ядерный взрыв	2	-	Многоэтажное кирпичное здание с остеклением Приборная стойка	4000 4010	- 2х0,5	- 0,4	- 20	- 0,4	- 0,85
5.	Емкость со сжатым газом	5	5	Двухэтажное кирпичное здание с остеклением Приборная стойка	10 10	- 1,5х0,3	- 0,3	- 30	- 0,3	- 0,85
6.	Воздушный ядерный взрыв	0,01	-	Многоэтажное кирпичное здание с остеклением Приборная стойка	4000 400	- 0,5 Х 0,3	- 0,01	- 5	- 0,4	- 0,85
7.	Воздушный ядерный взрыв	0,01	-	Промышленное здание с металличе	2000	-	-	-	-	-

				ским и железобетонным каркасом Приборная стойка	2000	0,5х 0,4	0,1	30	0,3	0,85
8.	Емкость со сжатым газом	0,05	100	Кирпичная стена многоэтажного дома с остеклением Приборная стойка	10 15	- 0,9х 0,4	- 0,18	- 20	- 0,5	- 0,9
9.	Наземный ядерный взрыв	1	-	Многоэтажное кирпичное здание с остеклением Приборная стойка	3000 3000	- 1,4х 0,5	- 0,4	- 20	- 0,4	- 0,9
10.	Емкость со сжатым газом	1	0,5	Многоэтажное кирпичное здание с остеклением Приборная стойка	20 20	- 0,9х 0,6	- 0,18	- 30	- 0,3	- 0,85
11.	Воздушный ядерный взрыв	0,5	-	Кирпичная стена многоэтажного дома с остеклением Приборная стойка	4000 4015	- 0,9х 0,4	- 0,18	- 20	- 0,5	- 0,9
12.	Наземный ядерный взрыв	1	-	Многоэтажное кирпичное здание с остеклением Приборная стойка	1000 1000	- 0,9х 0,6	- 0,18	- 30	- 0,5	- 0,85
13.	Взрыв газовоздушной смеси	10 кг горючего вещества	100	Промышленное здание с металлическим и железобетонным каркасом	2 2	- 0,9х 0,3	- 0,18	- 20	- 0,5	- 0,85

				Приборная стойка						
14.	Воздушный ядерный взрыв	0,1	-	Промышленное здание с металлическим и железобетонным каркасом Приборная стойка	10000 10000	- 0,9х0,3	- 0,18	- 20	- -	- 0,5
15.	Емкость со сжатым газом	20	0,8	Одноэтажное кирпичное здание с остеклением Антенное устройство	10 10	- 0,5 х0,4	- 0,1	- 30	- 0,9	- 0,4
16.	Наземный ядерный взрыв	0,01	-	Одноэтажное кирпичное здание с остеклением Антенное устройство	2000 2000	- 0,5х0,4	- 0,1	- 10	- 0,9	- 0,4
17.	Емкость со сжатым газом	1	1	Многоэтажное кирпичное здание с остеклением Приборная стойка	15 18	- 0,9х0,4	- 0,18	- 30	- 0,6	- 0,4
18.	Емкость со сжатым газом	1	10	Одноэтажное кирпичное здание с остеклением Антенное устройство	10 10	- 0,5х0,3	- 0,1	- 10	- 0,85	- 0,4
19.	Воздушный ядерный взрыв	0,01	-	Многоэтажное кирпичное здание с остеклением Приборная стойка	5000 5000	- 0,9х0,4	- 0,18	- 30	- 0,6	- 0,4
20.	Емкость со сжатым газом	1	5	Одноэтажное кирпичное здание с остеклени	8 8	- 1,6х0,4	- 0,3	- 30	- 1,2	- 0,5

				ем Антенное устройство						
21.	Наземный ядерный взрыв	0,01	-	Многоэтажное кирпичное здание с остеклением Приборная стойка	4000 4000	- 0,5х 0,3	- 0,1	- 50	- 0,4	- 0,85
22.	Наземный ядерный взрыв	0,1	-	Промышленное здание с металл. и ж/б каркасом Приборная стойка	2000 2000	- 0,5х 0,3	- 0,1	- 10	- 0,85	- 0,4
23.	Взрыв газовоздушной смеси	50 кг горючего вещества	500	Одноэтажное кирпичное здание с остеклением Приборная стойка	5 5	- 1,4х 0,2	- 0,2	- 100	- 0,85	- 0,4
24.	Наземный ядерный взрыв	0,5	-	Одноэтажное кирпичное здание с остеклением Приборная стойка	5000 5000	- 1,4х 0,2	- 0,2	- 100	- 0,85	- 0,4
25.	Взрыв газовоздушной смеси	10 кг горючего вещества	100	Промышленное здание с металл. и железобет. каркасом Приборная стойка	2 2	- 0,9х 0,3	- 0,18	- 20	- 0,85	- 0,5
26.	Взрыв газовоздушной смеси	10 кг горючего вещества	100	Промышленное здание с металлическим и железобетонным каркасом Приборная стойка	2 2	- 0,5х 0,4	- 0,1	- 10	- 0,85	- 0,3

27.	Взрыв газовоздушной смеси	50 кг горючего вещества	100	Кирпичная стена многоэтажного дома с остеклением Приборная стойка	2 2	- ,9х0,4	- 0,18	- 30	- 0,9	- 0,5
28.	Емкость со сжатым газом	0,4	80	Многоэтажное кирпичное здание с остеклением Приборная стойка	100 100	- 1,6х0,6	- 0,32	- 100	- 0,5	- 0,4
29.	Наземный ядерный взрыв	1	-	Двухэтажное кирпичное здание с остеклением Приборная стойка	3000 3000	- 2х0,03	- 0,08	- 20	- -	- 0,85
30.	Емкость со сжатым газом	10	0,05	Складское кирпичное здание Антенна спутникового телевидения	10 15	- 1,6х1,6	- 0,32	- 10	- 0,16	- 1,4