

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

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

Кафедра аналитической химии и химической экологии

**Основные мероприятия по локализации пожаров и
ликвидации их последствий на установке ЭЛОУ**

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

студента (ки) 4 курса 441 группы
направления 20.03.01 «Техносферная безопасность»
код и наименование направления, специальности
Института химии

Афутина Егора Михайловича

Научный руководитель

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

подпись, дата

Т.Д. Смирнова
инициалы, фамилия

Заведующий кафедрой

д.х.н., доцент
должность, уч. ст., уч. зв.

подпись, дата

Т.Ю. Русанова
инициалы, фамилия

Саратов 2025

Введение

В условиях современного индустриального общества вопросы защиты от пожаров и обеспечения безопасности на производственных предприятиях становятся особенно актуальными. Не исключением является и Саратовский нефтеперерабатывающий завод (Саратовский НПЗ), где использование различных горючих материалов и сложные технологические процессы создают высокий риск возникновения чрезвычайных ситуаций. Число инцидентов, связанных с пожарами и взрывами в нефтеперерабатывающей отрасли, продолжает расти, что подчеркивает необходимость разработки эффективных мер противопожарной защиты.

Актуальность темы данной работы определяется не только увеличением частоты и масштаба пожаров на производственных мощностях, но и необходимостью повышения уровня готовности к их предупреждению и ликвидации. Объектом дипломной работы является НПЗ, где особое внимание уделяется оценке существующей системы противопожарной защиты, а также разработке рекомендаций для ее улучшения.

Целью дипломной работы являлось рассмотрение причин возникновения чрезвычайных ситуаций на производстве, связанных с возгораниями, мероприятий противопожарной безопасности на НПЗ и общей стратегии повышения устойчивости предприятия к возникновению аварийных ситуаций. Для достижения поставленной цели в работе решаются следующие задачи:

- Оценка текущего состояния системы противопожарной защиты на заводе;
- Идентификация рисков и анализ вероятных сценариев возникновения пожаров;
- Определение эффективности существующих мероприятий по предотвращению и ликвидации пожаров;

- Разработка рекомендаций по улучшению системы безопасности и готовности к реагированию;
- Формирование выводов о состоянии готовности НПЗ к действиям в случае возникновения пожарной ситуации.

Решение поставленных задач позволит сформулировать пути повышения уровня безопасности работы НПЗ, снизить риски возникновения чрезвычайных ситуаций и максимально защитить работников и окружающую среду.

Структура и объем работы. Выпускная бакалаврская работа состоит из введения, обзора литературы, описания материалов исследования, изложения результатов и их обсуждения, заключения и списка литературы, содержащего 25 ссылок. Работа изложена на 44 страницах, содержит 5 рисунков и 11 таблиц.

Основное содержание работы. Во введении обоснована актуальность проделанной работы, поставлена цель и указаны задачи, выполнимые в ходе научно-исследовательской деятельности.

В **разделе 2.1** представлены сценарии возможных аварий на установке ЭЛОУ. Обобщённый сценарий возникновения и развития аварий на установке ЭЛОУ-АВТ-6 изображён на рисунке 2. В результате таких аварий происходит длительный выброс загрязняющих веществ, что ведёт к образованию взрывоопасной концентрации газов на территории, разбросу обломков сооружений, загрязнению стоков и возможному взрыву облака на открытой площадке.

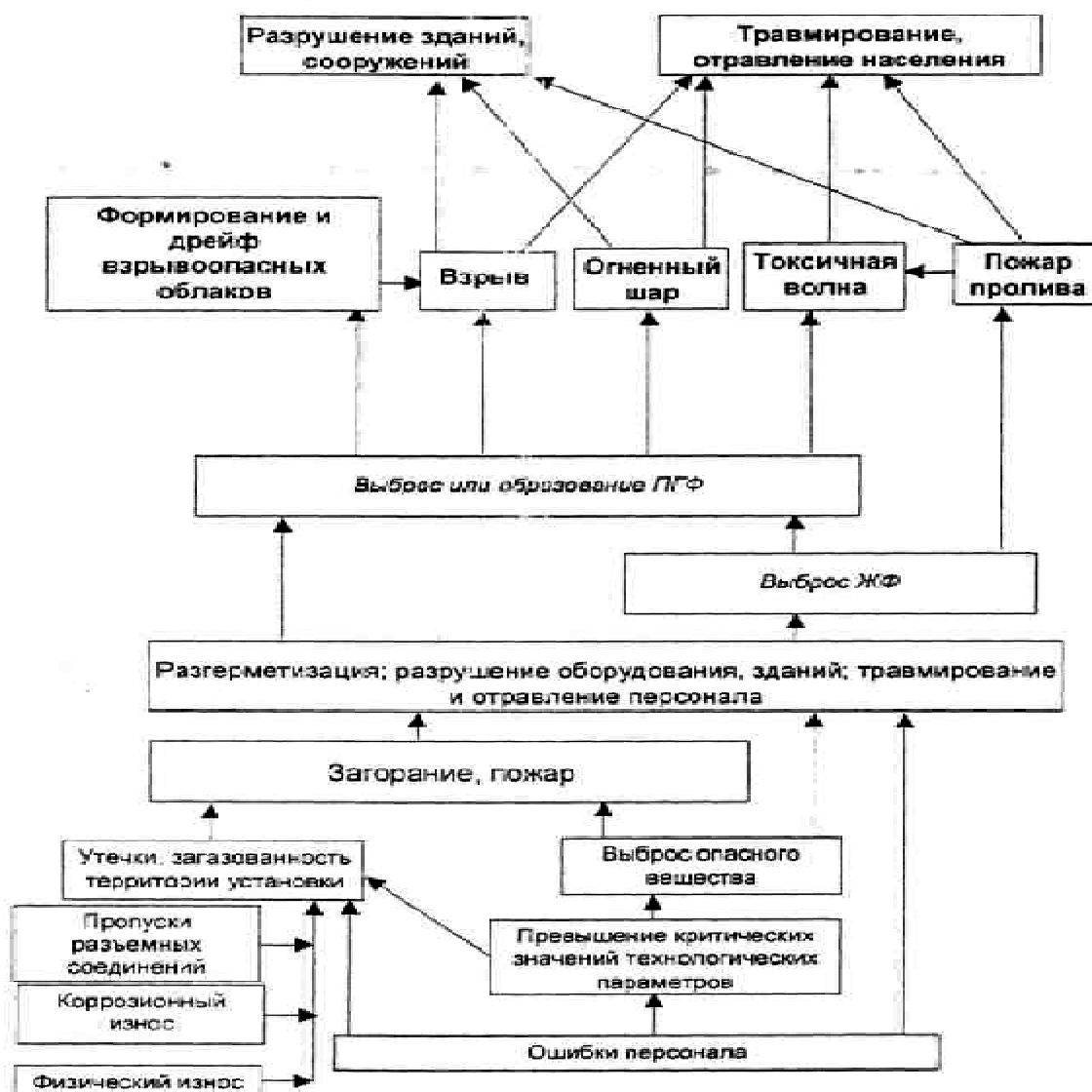


Рисунок 2. Сценарий возникновения и развития аварий на установке

Согласно представленной схеме наиболее опасными, являются аварии, приводящие:

- к разрушению зданий и сооружений;
- к травмированию и отравлению населения;
- к пожарам.

В **разделе 2.3** приведена оценка пожарного риска на установке с зоной поражения от воздействия ударной волны.

Оценка опасных факторов пожара проведена с использованием программного комплекса "ТОКСИ+Risc" согласно приложению 3 ГОСТа

12.3.047- 98 "Пожарная безопасность технологических процессов", которая включает в себя следующие расчёты [7]:

- интенсивности теплового излучения и времени существования "огненного шара";
- параметров волны давления при сгорании газозвоздушных смесей в открытом пространстве;
- размеров факела при струйном горении;
- параметров зоны, ограничивающей область концентраций, превышающих НКПР, при пожаре-вспышке;

интенсивности теплового излучения при пожаре пролива. Результаты расчётов представлены в табл. 4-7 и на рис. 3, 4.

Таблица - 4 «Интенсивность теплового излучения "Огненного шара"»

Зона поражения от воздействия теплового излучения	Порог, кВт/м²	Расстояние, м
Без негативных последствий	1,4	1419,24
Безопасно для человека в брезентовой одежде	4,2	1032,79
Непереносимая боль через 20 с	7	874,99
Непереносимая боль через 3-5 с	10,5	758,08
Воспламенение древесины	13,9	680,87
Воспламенение резины	14,8	663,95
Смертельное поражение (15 %)	-	895,4
Смертельное поражение (45 %)	-	817,0
Смертельное поражение (99 %)	-	618,7

Таблица - 5 «Параметры волны давления при сгорании газозвоздушной смеси в открытом пространстве»

Зоны поражения от воздействия ударной волны	Пороговое значение, кПа	Расстояние, м
--	--------------------------------	----------------------

Полное разрушение зданий	100	12,37
50 %-е разрушение зданий	53	17,35
Средние повреждения зданий	28	25,35
Умеренные повреждения зданий	12	45,19
Нижний порог повреждения человека	5	90,30
Частичное разрушение остекления	2	140,69

Таблица - 6 «Интенсивность теплового излучения от воздействия факела
при струйном горении»

Зоны поражения от воздействия теплового излучения	Расстояние, м
Зона интенсивности излучения 1 кВт/м ²	24,85
Зона поражения человека, разрушения соседнего оборудования	24,85
Зона интенсивности излучения 10 кВт/м ²	37,27

Таблица - 7 «Интенсивность теплового излучения при пожаре пролива»

Зона поражения от воздействия теплового излучения	Порог, кВт/м²	Расстояние, м
Без негативных последствий	1,4	33,82
Безопасно для человека в брезентовой одежде	4,2	20,95
Непереносимая боль через 20 с	7	16,45
Непереносимая боль через 3-5 с	10,5	13,2
Воспламенение древесины	13,9	11,01
Воспламенение резины	14,8	10,52

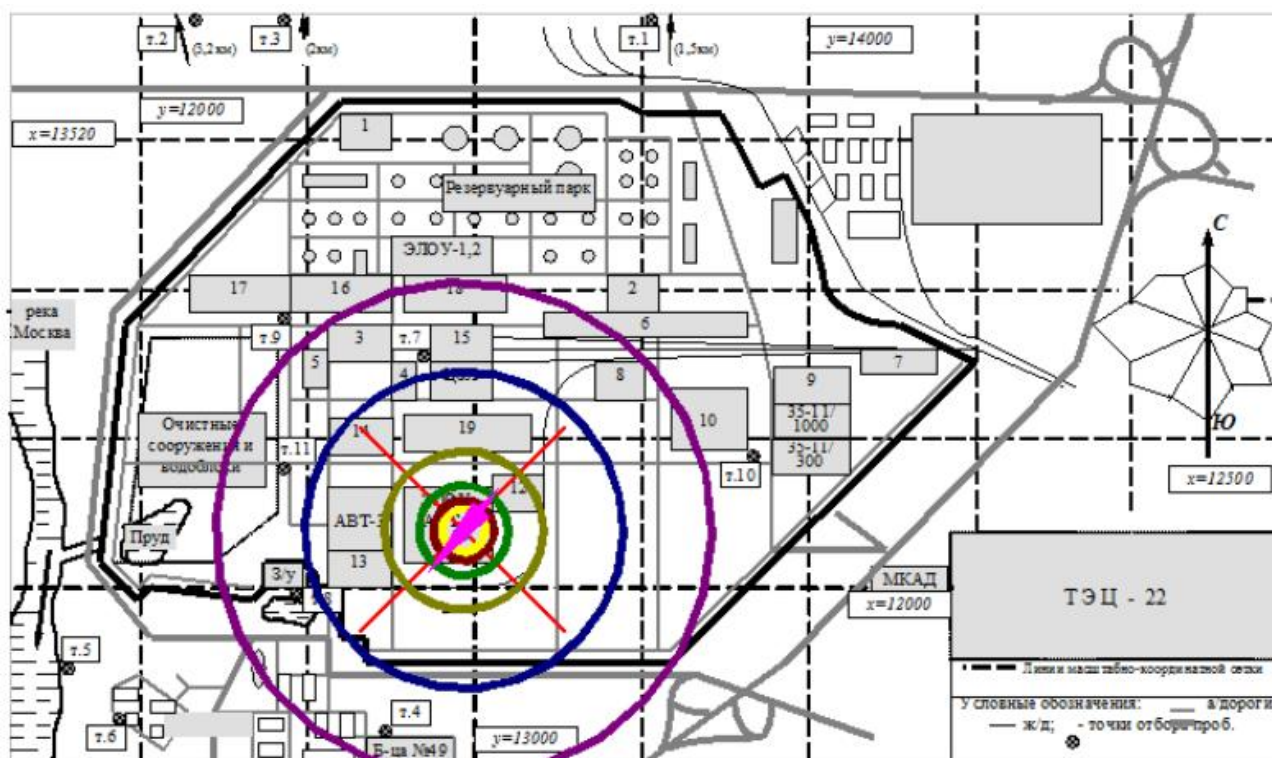


Рисунок 3. Зоны поражения от воздействия ударной волны на ситуационном плане:

- полное разрушение зданий;
- 50 %-е разрушение;
- средние повреждения;
- умеренные повреждения

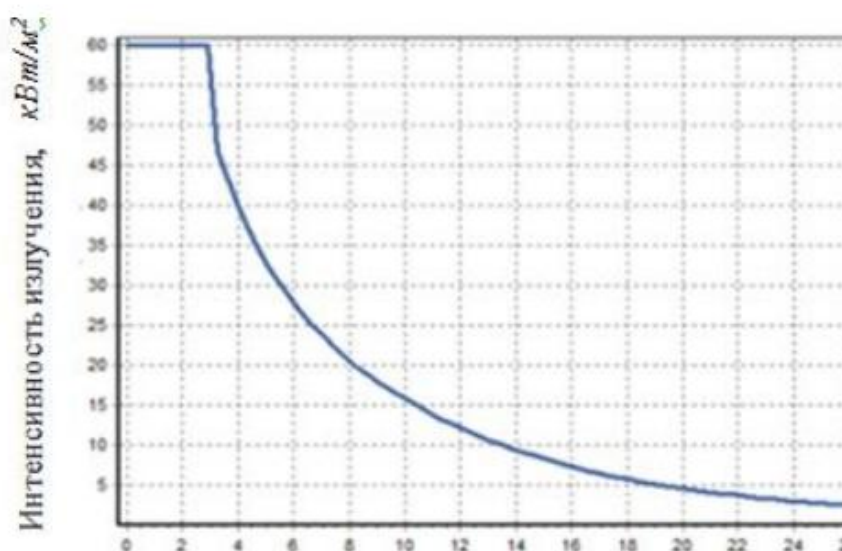


Рисунок 4. Зависимость интенсивности теплового излучения в результате пролива от расстояния

При возникновении факельного горения его геометрические параметры составляют: длина $L = 24,85$ м; диаметр $D = 3,73$ м. Зона теплового воздействия от факельного горения при образовании струи располагается внутри периметра

технологической установки. Частоты возникновения инициирующих пожароопасных событий для ректификационной колонны К-2 приведены в таблице 4. Условная вероятность мгновенного воспламенения при утечках из аппарата, за исключением случаев полного разрушения колонны, принята равной $P_{\text{мгн.воспл.утеч.}} = 0,150$. Вероятность последующего воспламенения при отсутствии мгновенного воспламенения для таких утечек составляет $P_{\text{посл.воспл.утеч.}} = 0,176$. Для случаев полного разрушения аппарата вероятность мгновенного воспламенения принята равной $P_{\text{мгн.воспл.разр.}} = 0,200$, а последующего — $P_{\text{посл.воспл.разр.}} = 0,240$ [8].

В разделе 2.4 представлен Расчет интенсивности теплового излучения при образовании «огненного шара».

Облако пара или топливовоздушной смеси, переобогащенное топливом, и не способное поэтому объемно детонировать, начинает гореть вокруг своей внешней оболочки, образуя огневой шар [13]. Такие шары, вызванные горением углеводородов, светятся и излучают тепло, что может причинить смертельные ожоги и вызвать возгорание горючих веществ.

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

$$q = E_f \cdot F_q \cdot \tau \quad (1)$$

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 [13]. Допускается принимать E_f равным 450 кВт/м².

F_q рассчитывают по формуле:

$$F_q = \frac{H \div D_s + 0.5}{4 \left[\left(H \div D_s + 0.5 \right)^2 + \left(r \div D_s \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}}} \cdot 5 \quad (2)$$

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:

$$D_s = 5.33 \times m^{0.327} \quad (3)$$

где: m - масса горючего вещества, кг.

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

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

$$t_s = 0.92 \times m^{0.308} \quad (4)$$

Коэффициент пропускания атмосферы τ рассчитывают по формуле:

$$\tau = \exp[-7.0 \times 10^{-4} (\sqrt{r^2 + H^2} - D_s \div 2)] \quad (5)$$

Доза теплового излучения воздействующего на людей определяется по формуле:

$$Q = q \times t_s \quad (6)$$

Данные для расчета:

Расстояние от облучаемого объекта до точки на поверхности земли непосредственно под центром «огненного шара» 200 м.

Расчет:

По формуле (3) определяем эффективный диаметр «огневого шара» D_s

$$D_s = 5.33 \times (130000)^{0.327} = 250.6 \text{ м.}$$

По формуле (2), принимая $H = D_s \div 2 = 125.3 \text{ м.}$ находим угловой коэффициент облученности F_q

$$F_q = \frac{125.3 \div 250.6 + 0.5}{4 \left[\left(125.3 \div 250.6 + 0.5 \right)^2 + \left(200 \div 250.6 \right)^2 \right]^{0.5}} = 0.1194.$$

По формуле (5) находим коэффициент пропускания атмосферы τ :

$$\tau = \exp[-7.0 \times 10^{-4}(\sqrt{200^2 + 125.3^2} - 250.6 \div 2)] = 0.925.$$

По формуле (1), принимая $E_f = 450 \text{ кВт/м}^2$, находим интенсивность теплового излучения q

По формуле (4) определяем время существования «огненного шара» t_s :

$$t_s = 0.92 \times 130000^{0.308} = 32.61 \text{ сек.}$$

По формуле (6), определяем дозу теплового излучения воздействующего на людей от «огненного шара»:

За время существования огневого шара (32.61 сек.) люди получают ожоги различной степени тяжести в зависимости от полученной дозы теплового излучения.

Заключение:

1. Рассмотрена технологическая схема и описание установки ЭЛОУ-АВТ-6. На основании анализа литературных и статистических данных показана высокая вероятность возникновения аварийных и чрезвычайных ситуаций, связанных с возгораниями на установке ЭЛОУ. Установлено, что возникновение и развитие аварийных ситуаций нанесет большой ущерб здоровью и жизни людей, приведет к большим потерям материальных ценностей и загрязнению окружающей среды.
2. Рассмотрены вопросы обеспечения пожаровзрывозащиты установки ЭЛОУ. Определены критерии пожаровзрывоопасности: интенсивности теплового излучения пожара пролива, рассчитаны радиусы зон опасных значений «Огненного шара». Выявлены наиболее опасные сценарии аварийных ситуаций, связанных с взрывом газопаровоздушного облака и образованием «огненного шара», способного привести к тяжелым последствиям. Проведен расчет теплового излучения «огненного шара», который показал необходимость строгого контроля выбросов топлива и своевременного реагирования на возможные утечки.
3. Проанализированы вероятные сценарии аварийных ситуаций, причины их возникновения и величины рисков.
4. Из расчетов можно сделать вывод, что «огненный шар» создает очень сильное тепловое излучение (около 50 кВт/м^2), что значительно

превышает пороговые значения для ожогов и травм. Время его существования — примерно 33 секунды, за которое человек может получить опасную дозу тепла, сильные ожоги вплоть до летального исхода. Размер и высота шара существенно влияют на уровень опасности, поэтому при проектировании защитных мер важно учитывать эти параметры. Полученные данные позволяют оценить зоны поражения и разработать меры по снижению риска, что подчеркивает необходимость строгого контроля и систем защиты при возникновении подобных пожаров для обеспечения безопасности людей и окружающей среды.

5. Предложены мероприятия, снижающие вероятность возникновения взрывов и пожаров, повышающие безопасность функционирования объекта.