

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

**«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»**

Кафедра нефтехимии и техногенной безопасности

**Дополнительное обеспечение безопасности при организации  
слива, налива нефти и нефтепродуктов в вагоны-цистерны**

**АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ**

студента 4 курса 441 группы

направления 20.03.01 «Техносферная безопасность»

Института химии

Котенко Елизаветы Станиславовны

Научный руководитель

доцент, к.х.н.

должность, уч. ст., уч. зв.

подпись, дата

В.З. Угланова

инициалы, фамилия

Заведующий кафедрой

профессор, д.х.н.

должность, уч. ст., уч. зв.

подпись, дата

Р.И. Кузьмина

инициалы, фамилия

Саратов 2024

## ВВЕДЕНИЕ

Каждый день нефтегазовые компании испытывают серьезные финансовые потери из-за природного испарения нефти и нефтепродуктов. Этот процесс особенно ощутим во время операций заполнения/опорожнения резервуаров, танкеров, цистерн и прочих ёмкостей и называется «большими дыханиями» резервуаров с нефтью и нефтепродуктами.

В нашей стране каждый год около 2 % добытой нефти утекает в процессе транспортировки и хранения в резервуарных парках. Из этого количества 75 % утечек связано с испарением, в то время как оставшиеся 25 % происходят из-за разливов и происшествий. Эти потери нефти наносят серьезный ущерб экономике страны и способствуют ухудшению производственной эффективности. Кроме того, они негативно сказываются на экологическом состоянии, загрязняя окружающую среду нефтепродуктами. Поэтому меры по сокращению утечек нефти и нефтепродуктов из-за испарения необходимы не только с точки зрения экономической выгоды, но и для защиты окружающей среды.

*Целью бакалаврской работы* является дополнительное обеспечение безопасности процессов слива и налива нефти и нефтепродуктов в вагоны-цистерны на предприятиях нефтеперерабатывающей промышленности (НПЗ) путем рекуперации паров ГВС.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- оценить реальные опасности, возникающие при проведении мероприятий по сливу, наливу нефти и нефтепродуктов (качественная и количественная оценка);
- рассмотреть способы рекуперации газоздушных смесей, их достоинства и недостатки;

- предложить дополнительные мероприятия по повышению уровня безопасности при «больших дыханиях» вагонов-цистерн на территории исследуемого объекта (согласно требованиям промышленной безопасности).

**Структура и объем работы.** Бакалаврская работа изложена на 61 страницах, состоит из содержания, введения, трех разделов, заключения, списка использованных источников. Список использованных источников включает 47 наименований. Текст сопровождается 6 таблицами и 19 рисунками.

### **Основное содержание работы**

Значительное количество нефтей и нефтепродуктов доставляется железнодорожным, водным и автомобильным видами транспорта. При использовании любого из них невозможно обойтись без слива наливных операции. В зависимости от свойств нефтепродуктов применяют открытые и закрытые системы слива (налива) [1]. Нефтепродукты с температурой вспышки паров выше  $120^{\circ}\text{C}$  (393 К) можно сливать-наливать через открытые устройство, а с температурой вспышки паров ниже 393 К, как правило, через закрытые системы [1].

Классификация эстакад производится по следующим признакам:

- 1) назначению: наливные; сливные; сливо-наливные (универсальные);
- 2) числу маршрутов, обслуживаемых одновременно:
  - односторонние (весовая норма брутто – меньше 700 т);
  - двусторонние (брутто – более 700 т);
- 3) виду нефтепродуктов:
  - эстакады для светлых нефтепродуктов;
  - эстакады для темных нефтепродуктов;
- 4) техническому исполнению: крытые, открытые.

Для операции налива цистерн существует несколько способов:

1. Налив открытой струей. Струя нефтепродукта может соприкоснуться с воздухом. Такие взаимодействия приводят к повышению испарения светлых нефтепродуктов.

2. Налив закрытой струей происходит путем опускания шланга до дна железнодорожной цистерны.

3. Герметичный налив цистерн осуществляется при помощи специальных автоматизированных систем налива (АСН).

Слив нефтепродуктов из железнодорожных цистерн производится через сливной прибор, расположенный снизу цистерны [3]. При неисправности сливного прибора операцию осуществляют через горловину [4].

Двухсторонняя эстакада для налива светлых нефтепродуктов может функционировать как на основе естественного тяги, так и с применением принудительного нагнетания [4]. Коллекторы для нефтепродуктов расположены по обеим сторонам конструкции ниже уровня пола, по которому перемещаются работники. Наливные соединения, установленные на наливных опорах, протягиваются до нижней части цистерн, достигая глубины не менее 200 мм. Это предотвращает случайное выпадение струи на более высокие уровни. Весь процесс заправки контролируется с самой платформы эстакады.

Преимуществом крытой эстакады типа НМ является то, что в непогоду обслуживающий персонал работает в более комфортабельных условиях и не происходит обводнения наливаемого нефтепродукта. Эстакада имеет подвесные тали для подъема и спуска переносных подогревательных устройств [4, 5].

*Установки рекуперации паров (УРП)* на эстакадах слива-налива – это часть системы сбора и обработки паров, которые образуются при проведении операций по сливу и наливу различных веществ (например, нефтепродуктов) [6]. Эти установки предназначены для улавливания паров и их последующей переработки или утилизации.

### *Виды установок рекуперации*

В зависимости от технологии рекуперации, реализованной в УРП, их разделяют на [9,10]:

- адсорбционные;
- абсорбционные;
- конденсационные;
- мембранные;
- комбинированные.

1. Адсорбция представляет процесс поглощения молекул газообразной среды поверхностным слоем твердого тела [9, 10]. Вещество, осуществляющее поглощение называется адсорбентом, улавливаемое же вещество – адсорбатом. Адсорбция разделяется на химическую и физическую [10].

2. Абсорбция представляет из себя процесс поглощения числа молекул жидкостью [11-15]. Вещество, осуществляющее поглощение, называется абсорбентом, а поглощаемое вещество – абсорбатом. Абсорбер представляет из себя вертикальную колонну, в которой обеспечивается большая площадь контакта жидкости с газом.

3. Конденсация осуществляется путем либо повышения давления (компрессионный способ), либо понижения температуры (криогенный способ) [19, 20].

4. Принцип работы мембранной установки заключается в улавливании и селекции определенных видов углеводородов путем создания перепада давления за стенкой мембраны (вакуум) и перед ней (избыточное) [22].

5. Существуют различные конструкции комбинированных установок, сочетающие в себе плюсы нескольких видов установок [22, 23]:

- компрессионно-криогенная;

- криогенно-адсорбционная;
- адсорбционно-абсорбционная.

При эксплуатации оборудования возможны следующие опасности [26]:

- возникновение пожара и взрыва опасных концентраций газов в случае разгерметизации оборудования и трубопроводов или нарушения режима работы оборудования;
- отравление парами углеводородов, сероводорода, МТБЭ, МТАЭ, КБВ, БКК;
- возможность получения травм при вскрытии оборудования, находящегося под давлением;
- поражение электрическим током в случае выхода из строя электрооборудования и заземления;
- возможность падения на рабочем месте, падения при работе на высоте;
- получение термических ожогов;
- получение химических ожогов;
- травмирование вращающимися и движущимися частями оборудования.

Одна из ключевых задач нефтяной отрасли – это минимизация утечек нефти и её продуктов в результате испарения. Уменьшение объемов и качества утечек нефти и её производных способствует более эффективному и рациональному использованию ресурсов, повышает долю светлых нефтепродуктов, обеспечивает сохранение ценного углеводородного сырья для производства нефтехимических изделий и высокооктанового бензина, продлевает срок эксплуатации двигателей, снижает их износ и удельный расход топлива, а также значительно сокращает загрязнение атмосферы и водных объектов [29-31]. Рекуперация паров нефтепродуктов может оказать существенное воздействие на экологическую обстановку, выбрасывая в воздух опасные химические элементы [29, 30]. В состав испарений входят множество токсичных веществ, включая бензол, толуол и ксилол, а также

другие летучие органические соединения, способные нанести ущерб природе и живым существам.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Тугунов, П. И. Типовые расчеты при проектировании и эксплуатации нефтебаз и нефтепроводов. / П. И. Тугунов, В. Ф. Новоселов, А. А. Коршак, А. М. Шаммазов. – Уфа: ООО «Дизайн-ПолиграфСервис», 2002. – 658 с.

2. Камышинский опытный завод. Официальный сайт. // [Электронный ресурс]: [сайт]. – URL: <https://koz.ru/> – Загл. с экрана. – Яз.рус. (дата обращения: 12.03.2024).

3. Тульская, С. Г. Приём и отпуск нефтепродуктов на нефтебазах при различных видах транспорта / С. Г. Тульская., А. А. Чуйкина, Е. С. Аралов // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. – 2017. – № 1(6). – С. 69-77.

4. Пат. 2786207 Российская Федерация. Установка и способ для отвода паров и герметизации горловины от окружающей среды в процессе слива нефтепродуктов из железнодорожных цистерн / С. В. Сотников. Заявка № 2022125806, 03.10.2022; опубл. 19.12.2022, Бюл. № 35.

5. Официальный сайт компании Роспайл // [Электронный ресурс]: [сайт]. – URL: [https://ros-pipe.ru/tekh\\_info/tekhnicheskie-stati/khranenie-i-transportirovka-nefteproduktov/slivo-nalivnye-zheleznodorozhnye-estakady/](https://ros-pipe.ru/tekh_info/tekhnicheskie-stati/khranenie-i-transportirovka-nefteproduktov/slivo-nalivnye-zheleznodorozhnye-estakady/) – Загл. с экрана. – Яз.рус. (дата обращения: 12.03.2024).

6. Сунгатуллин, Р. З. Современное состояние рекуперации паров при операциях с нефтью и нефтепродуктами / Р. З. Сунгатуллин, А. А. Коршак, Г. В. Зябкин // Наука и технологии трубопроводного транспорта нефти и нефтепродуктов. – 2017. – Т. 7, № 5. – С. 111-119.

7. Шестаков, Р. А. Установки рекуперации паров нефти и нефтепродуктов: анализ и особенности применения / Р. А. Шестаков // Деловой журнал «Neftegaz.RU». – 2024. – № 1. [Электронный ресурс]: [сайт]. – URL: <https://magazine.neftegaz.ru/articles/transportirovka/813763-ustanovki->

rekuperatsii-parov-nefti-i-nefteproduktov-analiz-i-osobennosti-primeneniya/ – Загл. с экрана. – Яз.рус. (дата обращения: 21.02.2024).

8. Архипова, О. В. Методы и установки по рекуперации углеводородных паров при сливо-наливных операциях на нефтебазах и АЗС / О. В. Архипова, А. В. Иванова, Ю. Н. Безбородов // X Всероссийская конференция «Молодежь и наука», Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2014. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.openrepository.ru/article?id=419393&ysclid=lq92w9m6n2703989851> (дата обращения: 12.03.2024).

9. Улитин, М. В. Поверхностные явления. Адсорбция: Учебное пособие / М. В. Улитин, Д. В. Филиппов, А. А. Федорова. ФГБОУ ВПО Ивановский государственный химикотехнологический университет. – Иваново, 2014. – 206 с.

10. Сафронова, Е. В. Современные методы улавливания углеводородов при хранении и транспортировке / Е. В. Сафронова, А. В. Спиридонов, Т. В. Голубев // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия В. Промышленность. Прикладные науки. – 2021. – № 11. – С. 79-86.

11. Мухин В.М., Клушин В.Н. Производство и применение углеродных адсорбентов: учебное пособие. М.: Изд-во РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2012. 308 с.

12. Коршак, А. А. Анализ технологических схем адсорбционных установок рекуперации паров нефти и нефтепродуктов / А. А. Коршак, М. Т. Гайсин // Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов. – 2022. – № 2(136). – С. 86-102.

13. Пат. 2536504 Российская Федерация. Установка рекуперации паров органических соединений / С. В. Ардамаков, В. А. Большаков. Заявка № 2013132303/05, 11.07.2013; опубл. 27.12.2014.

14. Пат. 2316384 Российская Федерация. Способ улавливания и рекуперации паров углеводородов и других легкокипящих веществ из

парогазовых смесей и устройство для его реализации / В. И. Бердников, Д. А. Баранов. Заявка № 2004125472/15, 20.08.2004; опубл. 10.02.2008, Бюл. № 4.

15. Ануров, С. А. Адсорбционная технология рекуперации паров углеводородов, выделяющихся при эксплуатации наливного парка / С. А. Ануров, Т. В. Анурова, В. Н. Клушин, В. М. Мухин, Ю. И. Шумяцкий // Исследовано в России. – 2011. – Т. 14. – С. 223-233.

16. Ягодковский, В. Д. Адсорбция / В. Д. Ягодковский. Учебник для высшей школы. – М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015 – 219 с.

17. Кельцев, Н. В. Основы адсорбционной техники / 2-е изд., перераб. и доп. / Н. В. Кельцев. М. Химия, 1984. – 592 с.

18. Коршак, А. А. Методика прогнозирования степени улавливания паров углеводородов при абсорбции / А. А. Коршак, А. В. Николаева, А. С. Нагаткина, М. Т. Гайсин, А. А. Коршак, В. В. Пшенин // Наука и технологии трубопроводного транспорта нефти и нефтепродуктов. – 2020. – Т. 10. – № 2. – С. 202-209.

19. Пат. 41004 Российская Федерация. Установка улавливания и рекуперации паров моторного топлива из резервуаров нефтепродуктов на объектах топливного рынка / А. А. Александров, И. А. Архаров, В. Ю. Емельянов. Заявка № 2004119744/22, 02.07.2004; опубл. 10.10.2004, Бюл. № -.

20. Елесин, В. Ф. Физика фазовых переходов: учебное пособие / В. Ф. Елесин. М.: Изд-во МИФИ, 1997. – 180 с.

21. Официальный сайт компании CarboVac [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://ru.voczero.com/high-voc-concentration-vapour-recovery> (дата обращения: 25.02.2024).

22. Булавин, И. Н. Установки рекуперации паров нефти и нефтепродуктов конденсато-адсорбционного типа / И. Н. Булавин // Химическая техника. – 2016. – № 6. – С. 25-26.

23. Алтунин, И. Установки рекуперации паров нефтепродуктов: сравнение технологии углеродно-вакуумной адсорбции и комбинированной технологии / И. Алтунин // Территория Нефтегаз. – 2020. – № 7-8. С. 100-106.

24. Трофимов, А. В. Эффективная рекуперация от компании «ГАЗСПЕЦТЕХНИКА» / А. В. Трофимов // Территория нефтегаз. – 2013. – № 10. – С. 97-99.

25. Коршак, А. А. Оценка области применения установок рекуперации паров нефтепродуктов по зарубежным данным / А. А. Коршак, А. А. Зябкин, А. В. Захарченко // Наука и технологии трубопроводного транспорта нефти и нефтепродуктов. – 2023. – Т. 13, № 3. – С. 252-260.

26. Инструкция ПАО «Саратовский НПЗ» эксплуатация эстакады слива, налива нефти и нефтепродуктов производства № 4 по приему сырья, компонентов, присадок и отгрузке нефти и нефтепродуктов. (Дата обращения: 12.03.2024)

27. ВНТП 5-95. «Нормы технологического проектирования предприятий по обеспечению нефтепродуктами (нефтебаз)» // [Электронный ресурс]: [сайт]. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200006901> – Загл. с экрана. – Яз.рус. (дата обращения: 21.02.2024).

28. ВУП СНЭ-87. «Ведомственные указания по проектированию железнодорожных сливо-наливных эстакад легковоспламеняющихся и горючих жидкостей и сжиженных углеводородных газов» // [Электронный ресурс]: [сайт]. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200031735> – Загл. с экрана. – Яз.рус. (дата обращения 21.02.2024).

29. Федеральный закон № 96-ФЗ «Об охране атмосферного воздуха» от 04.05.1999 [Электронный источник]. Режим доступа: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_22971/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_22971/) (дата обращения: 18.03.2024).

30. Федеральный закон № 7-ФЗ от 10.01.2002 (ред. от 27.12.2019) «Об охране окружающей среды» [Электронный источник]. Режим доступа: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_34823/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34823/) (дата обращения: 18.04.2024).

31. Методические указания по определению выбросов загрязняющих веществ в атмосферу из резервуаров // [Электронный источник]: [сайт]. –

URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200003683> – Загл. с экрана. – Яз.рус. (дата обращения: 24.03.2024).

32. ГОСТ 10585-2013. Топливо нефтяное. Мазут. Технические условия. // [Электронный ресурс]: [сайт]. – URL:<https://internet-law.ru/gosts/gost/56252/> – Загл. с экрана. – Яз.рус. (дата обращения 23.03.2024)

33. ГОСТ 51858-2002. Нефть. Общие технические условия. // [Электронный ресурс]: [сайт]. – URL: <https://internet-law.ru/gosts/gost/3207/> – Загл. с экрана. – Яз.рус. (дата обращения 23.03.2024)

34. Федеральный закон от 21 июля 1997 г. № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» (с изменениями и дополнениями) // [Электронный ресурс]: [сайт]. – URL: <https://base.garant.ru/11900785/> – Загл. с экрана. – Яз.рус. (дата обращения 23.03.2024)

35. Ахметшина, В. М. Анализ методов расчета потерь нефти и нефтепродуктов от «больших дыханий» резервуара / В. М. Ахметшина // Новая наука: История становления, современное состояние, перспективы развития : сборник статей Международной научно-практической конференции, Волгоград, 18 ноября 2017 года. Том Часть 3. – Волгоград: Общество с ограниченной ответственностью «ОМЕГА САЙНС», 2017. – С. 9-12.

36. Кречко, А. В. Способ снижения потерь нефтепродуктов от малых дыханий / А. В. Кречко, И. В. Бесчастный // Современные прикладные исследования: Материалы седьмой Всероссийской (национальной) научно-практической конференции. В 2-х томах, Шахты, 15–17 марта 2023 года. Том 1. – Новочеркасск: Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова, 2023. – С. 149-154.

37. Максименко, А. Ф. Уточнение методики расчета потерь нефти в резервуарах типа РВС от «больших дыханий» / А. Ф. Максименко, И. Ф. Дяченко, С. С. Лоповок // Транспорт и хранение нефти и газа. – 2016. № 9. – С. 92-95.

38. Бунчук, В. А. Транспорт и хранение нефти, нефтепродуктов и газа. / В.А. Бунчук. М.: Недра, 1977. – 366 с.
39. Константинов Н.Н. Борьба с потерями от испарения нефти и нефтепродуктов. / Н. Н. Константинов. Государственное научно-техническое издательство нефтяной и горно-топливной литературы. М.: 1961. – 260 с.
40. Сальников, А. А. Потери нефти и нефтепродуктов при хранении. / А.А. Сальников. Учебное издание. Ухта: УГТУ, 2012. – 78 с.
41. Абузова, Ф. Ф. Борьба с потерями нефти и нефтепродуктов при их транспортировке и хранении / Ф. Ф. Абузова. // Недра. – 1981. – Т. 260. – С. 6.
42. Коршак, А. А. Нефтебазы и АЗС. А. А. Коршак. Учебное пособие. –Уфа: ООО «ДизайнПолиграфСервис», 2006. – 416 с;
43. Коршак, А. А. Методические основы выбора технических средств сокращения потерь нефти (бензина) от испарения. / А. А. Коршак. Уфа, 2013. – С. 228-246.
44. Рекуператоры ООО «ГАЗСПЕЦТЕХНИКА» как вклад в экономику, экологию и промышленную безопасность нефтеперерабатывающих предприятий и автозаправочных станций // Территория нефтегаз. – 2019. – № 5. – С. 64-66.
45. Пат. 2496559 Российская Федерация. Установка для улавливания паров нефти и нефтепродуктов. / Б. И. Ковальский, А. В. Юдин, Ю. Н. Безбородов, И. А. Шумовский, М. М. Рунда. Заявка № 2012134447/05, 2012.08.10; опубл. 27.10.2013.
46. Бронштейн, И. С. Выбор технических средств для сокращения потерь нефтепродуктов от испарения из резервуаров и транспортных емкостей: методическое пособие / И. С. Бронштейн, В. Ф. Вохмин, В. Е. Губин, П. Р. Ривкин. ЦНИИТЭ нефтехим – Москва, 1969. – 169 с.
47. Приказ Ростехнадзора от 12.03.2013 № 101 «Об утверждении Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Правила безопасности в нефтяной и газовой промышленности»

(Зарегистрировано в Минюсте России 19.04.2013 № 28222) // [Электронный ресурс]: – URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_146173/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_146173/) (дата обращения 27.04.2024) – Загл. с экрана. – Яз.рус.