

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

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

Кафедра нефтехимии и техногенной безопасности

Оптимизация трубчатой печи производства битумов

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

студентки 4 курса 431 группы

направления 18.03.01 «Химическая технология»

код и наименование направления, специальности

Института химии

наименование факультета, института

Киселевой Олеси Александровны

Научный руководитель

к.х.н., доцент

должность, уч. степень, уч. звание

подпись, дата

Е. И. Линькова

инициалы, фамилия

Зав. кафедрой

д.х.н., профессор

должность, уч. степень, уч. звание

подпись, дата

Р.И. Кузьмина

инициалы, фамилия

Саратов 2025

ВВЕДЕНИЕ

Битум остается одним из наиболее востребованных нефтепродуктов, играя ключевую роль в инфраструктурном строительстве и промышленности. Однако динамика его производства и потребления в России существенно отличается от общемировых тенденций, что создает как проблемы, так и возможности для развития отрасли.

Сфера использования битумных материалов чрезвычайно широка:

- **Транспортная инфраструктура:** покрытия автодорог (93–95% российских дорог содержат битум), взлетно-посадочные полосы аэродромов.

- **Строительная индустрия:** гидроизоляция фундаментов, производство кровельных материалов (рубероид, мембраны).

- **Промышленность:** антикоррозийная защита трубопроводов, компонент лакокрасочной продукции.

При этом в России лишь **35%** производимого битума направляется в дорожный сектор, тогда как в Европе и США этот показатель достигает **70–80%**. Такое расхождение объясняется не только различиями в структуре потребления, но и качеством самого материала.

Современные стандарты предъявляют жесткие требования к характеристикам битума, поскольку именно от его свойств зависит срок службы дорожного полотна. Однако:

- **До 70%** российского битума не соответствует международным нормам.

- Средний срок эксплуатации дорог в России — **6–7 лет**, в то время как в развитых странах — **10–15 лет**.

Основные причины отставания:

- **Устаревшие технологии:** многие НПЗ используют оборудование, не позволяющее производить битумы высоких марок (например, БНД).

- **Нестабильное сырье:** состав нефти, поступающей на переработку, часто меняется, что влияет на конечные свойства битума.

Целью дипломного проекта является анализ возможности оптимизации трубчатой печи ГС1 производства битума путем увеличения площади поверхности теплопередачи на 10%.

Бакалаврская работа содержит 62 страниц, 4 рисунков (2 рис. в прилож.), 8 таблиц. Список используемых источников включает 30 наименования.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В первой главе «Литературный обзор» рассмотрены способы получения битумов и его свойства. Производство битумов осуществляется по трем основным технологическим направлениям. Первое - вакуумная перегонка тяжелых нефтяных фракций при пониженном давлении 50-100 мм рт.ст., позволяющая работать при температурах до 500°C. Второй метод - компаундирование нефтяных остатков, где тщательно подбирается смесь из вакуумных остатков, окисленных битумов и экстрактов очистки. Третий подход - окислительная поликонденсация, проводимая в специальных реакторах с точным контролем температуры и подачи воздуха.

Битумы классифицируются по областям применения. Изоляционные составы используются для защиты трубопроводов, кровельные - при производстве рулонных материалов, строительные - для гидроизоляции. Особую группу составляют дорожные битумы, применяемые в асфальтобетонных смесях. Ключевыми марками являются БНД 90/130, БНД 60/90 и другие, различающиеся по вязкости и температурным характеристикам.

Химический состав битумов включает углерод (80-85%), водород (8-11,5%), а также серу, кислород и азот. Структурно они представляют сложные коллоидные системы из масел, смол и асфальтенов. Соотношение этих компонентов определяет физико-механические свойства материала. Различают три типа структур: гелевые (с преобладанием асфальтенов), зольные (с преобладанием мальтенов) и промежуточные золь-гель системы.

Процесс окисления гудрона включает четыре типа реакций: молекулярную конденсацию, структурную модификацию, деструктивные процессы и отгонку легких фракций. Качество конечного продукта зависит от температуры процесса (250-290°C для дорожных битумов), давления (0,3-0,8 МПа) и состава сырья. Особое внимание уделяется содержанию парафинов, которое не должно превышать 3-5%.

Битум марки БНД 90/130 характеризуется глубиной проникания иглы 91-130 при 25°C, температурой размягчения не ниже 43°C, растяжимостью более

65 см и температурой хрупкости до -17°C . Эти параметры делают его оптимальным для применения в умеренном климате при строительстве дорожных покрытий. Материал сочетает достаточную пластичность при низких температурах с устойчивостью к старению, хотя уступает по нагрузочной способности более твердым маркам.

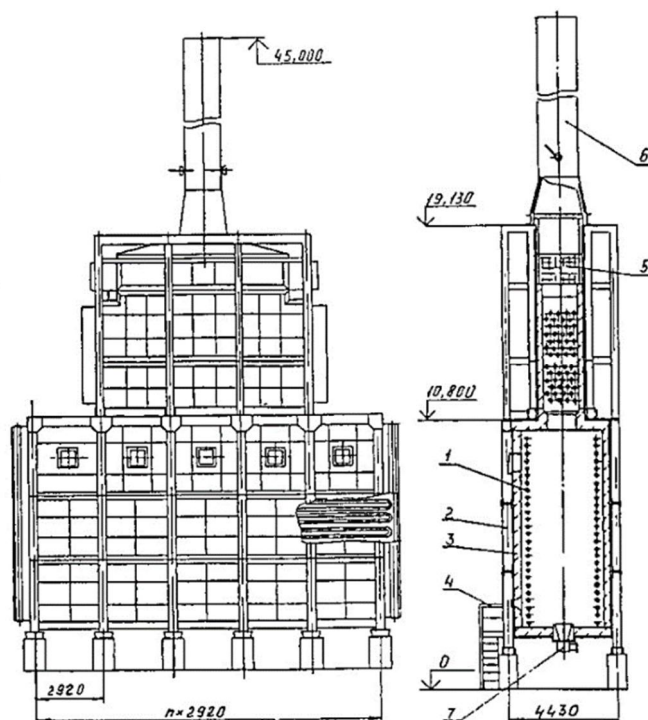


Рисунок 1 - Рисунок 1- Трубчатая печь ГС

где, 1 - змеевик; 2 - каркас; 3 - футеровка; 4 - лестничная площадка; 5 - воздухоподогреватель; 6 - дымовая труба; 7 - горелка.

Принцип работы трубчатой печи ГС1:

Трубчатая печь ГС1 предназначена для термической переработки горючих сланцев с получением газа, смолы и других продуктов пиролиза. Её конструкция основана на косвенном нагреве сырья через стенки труб, что обеспечивает равномерное разложение органического вещества.

Основные элементы печи ГС1:

1. Трубчатая система – змеевик или пучок труб, внутри которых движется сланцевая шихта;
2. Топочная камера – где сжигается топливо (газ, мазут или часть полученного сланцевого газа) для нагрева труб;

3. Камера пиролиза – зона, где происходит разложение сланца при температуре 500–1000°C;

4. Система отвода продуктов – газ, смола и твёрдый остаток разделяются и выводятся для дальнейшей переработки.

Этапы работы печи ГС1:

1. Загрузка сырья;

Измельчённый сланец подаётся в трубчатую систему (возможен предварительный подогрев).

2. Нагрев и пиролиз;

Трубы нагреваются снаружи за счёт сжигания топлива в топочной камере.

Внутри труб сланец нагревается без доступа кислорода, что приводит к его разложению на:

- Газ (метан, водород, этилен и др.);
- Смолу (конденсируется при охлаждении);
- Коксовый остаток (удаляется из системы).

3. Отвод и разделение продуктов

- Газ направляется на очистку и используется как топливо или химическое сырьё;
- Смола охлаждается и собирается для дальнейшей переработки;
- Минеральный остаток (зола) выгружается.

Во второй главе «Расчетная часть» проведен комплексный анализ работы трубчатой печи ГС1. Выполнен тепловой расчет с определением параметров камер радиации и конвекции, а также оптимального диаметра печных труб. Проведены гидравлические и аэродинамические расчеты, оценивающие сопротивление трубопроводов и газодинамические характеристики системы.

Особое внимание уделено модернизации конструкции печи. Предложено увеличение количества змеевиков на 10%, что потребовало пересчета гидравлических и аэродинамических параметров. Экономическая оценка показала, что такая модернизация приводит к повышению эффективности теплообмена при одновременном снижении энергопотребления.

Результаты расчетов подтвердили, что модернизированная конструкция сохраняет необходимую надежность при улучшенных эксплуатационных характеристиках. Полученные данные позволяют рекомендовать реализацию предложенных изменений для повышения эффективности работы печи.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Провели расчет теплового баланса камеры конвекции и радиации печи для установки получения битума. Конвекционная камера $Q_k = 3,9 \times 10^6$ кДж/ч, камера радиации $Q_r = 6,6 \times 10^6$ кДж/ч.

2. Предложенная оптимизация трубчатой печи позволяет повысить его полезную тепловую мощность (0,711 до 0,782) и производительность за счет увеличения площади теплопередающей поверхности (347,6 м² до 382,4 м²)

3. Экономическая оценка показала окупаемости оптимизации печи установки получения битумов составляет 1 год, что свидетельствует об экономической целесообразности оптимизации.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Грудников, И.Б. Производство нефтяных битумов / И.Б. Грудников - М.: Химия, 1983. – 234 с.
- 2 Производство нефтяных битумов. Гуреев А.А., Чернышова Е.А., Коновалов А.А. и др. - М.: Изд. Нефть и газ, 2007 – 102 с.
- 3 Сергиенко, С.Р. Высокомолекулярные соединения нефти / С.Р. Сергиенко. – М.: Химия, 1964. – 535 с.
- 4 Гун, Р.Б. Нефтяные битумы / Р.Б. Гун - М.: Химия, 1989. – 432 с.
- 5 Розенталь, Д.А.. Битумы. Получение и способы модификации / Д.А. Розенталь. – Л.: ЛТИ, 1979. – 80 с.
- 6 Пат. 2009160 Российская Федерация. Способ получения нефтяного битума / Хафизов Ф. Ш., Хуснияров М. Х., Кузеев И. Р. - Заявка №5037453/04 от 07.02.1992, опубл. 15.03.1994 Бюл. №4
- 7 Кондратьев, А. С. Нефтяные битумы и способы их получения. Теоретические предпосылки получения серобитумных вяжущих / А. С. Кондратьев, Б. С. Жирнов // Нефтепереработка и нефтехимия. Научно-технические достижения и передовой опыт. – 2013. – № 11. – С. 6-9.
- 8 Ентус Н.Р., Шарихин В.В. Трубчатые печи в нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности. - М.: Химия, 1987. с. 6-25.
- 9 Скобло А.И., Трегубов И.А., Молоканов Ю.К. Процессы и аппараты нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Химия, 1982. - с. 457.
- 10 А.В.Щукин, Р.С.Агачев, Р.Р.Габдрахманов, И.Я.Хасаншин / Интенсификация теплообмена поперечными выступами в коротком криволинейном канале // Труды третьей Российской национальной конференции по теплообмену: Т.6. Интенсификация теплообмена; Радиационный и сложный теплообмен. М.: Изд-во МЭИ, 2002. - С. 217-219.
- 11 Федосеева, М. В. Актуальные требования к качеству дорожных битумов и опыт получения битумов по ГОСТ 33133 / М. В. Федосеева, В. А.

Будник // Нефтепереработка и нефтехимия. Научно-технические достижения и передовой опыт. – 2018. – № 10. – С. 7-11.

12 Кропачев П. А., Ткач Е. В., Садуакасова Ж. С. Исследование физико-механических свойств битумного вяжущего из нефтешламового гудрона для дорожного строительства / // Труды университета. - 2024. - № 4(97). - С. 180-187.

13 Пат. 2729248 Российская Федерация. Способ получения компаундированного дорожного битума / Тюкилина П. М., Егоров А. Г., Паршукова О. Р. и др. - Заявка №2019131286 от 02.10.2019, опубл. 05.08.2020 Бюл. №7

14 Пат. 2753763 Российская Федерация. Применение кокса в качестве модификатора битума / Баженов А. В., Кузик В. И. - Заявка №2020137828 от 18.11.2020, опубл. 23.08.2023 Бюл. №17

15 Пат. 2826289 Российская Федерация. Способ получения композиции асфальтобетонной смеси / Шатц В., Отеро М. И., Цайлингер М. и др. – Заявка №2022110260 от 17.09.2020, опубл. 09.09 Бюл №21

16 Цупикова, Л. С. Повышение качества дорожных битумов путем компаундирования / Л. С. Цупикова, А. Ю. Белобородова // Дальний Восток. Автомобильные дороги и безопасность движения : Международный сборник научных трудов / Под редакцией А.И. Ярмолинского. Том 18. – Хабаровск : Тихоокеанский государственный университет, 2018. – С. 212-215.

17 Ярмолинский, В. А. Обеспыливание дорожных покрытий с применением органических и комплексных вяжущих : учебное пособие / В. А. Ярмолинский, В. В. Лопашук. – Хабаровск : Тихоокеанский государственный университет, 2014. – 171 с.

18 Пат. № 2685214 Российская Федерация. Способ получения битумных вяжущих для дорожных покрытий / П. Е. Красников, А. А. Пименов, Д. Е. Быков, В. А. Тыщенко – Заявка №2017136947 от 19.10.2017, опубл. 16.04.2019 Бюл №28