# ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ РАЗДЕЛЕНИЯ ЛЕГКОЙ НАФТЫ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ВЫСОКООКТАНОВОГО БЕНЗИНА, СООТВЕТСТВУЮЩЕГО СТАНДАРТУ ЕВРО-5

**Латипов Хуршид Равшанович**
***Институт общей и неорганической химии АН РУз, г.Ташкент.***
**Ауесбаев Алишер Уснатдинович**
***Институт общей и неорганической химии АН РУз, г.Ташкент.***
***E-mail: alisherauesbaev@gmail.com***
**Адизов Бобиржон Замирович**
***Институт общей и неорганической химии АН РУз, г.Ташкент.***
**Ражабова Зарина Амруллоевна**
***Газлийское нефтегазодобывающее управления***

**Annotatsiya:** Ushbu maqolada uch fazali splitterdan foydalanib, yengil naftani ajratish jarayonini optimallashtirish bo‘yicha olib borilgan kompleks tadqiqot natijalari keltirilgan. Ushbu jarayon Yevro-5 standartiga mos keluvchi yuqori oktanli benzin ishlab chiqarishga qaratilgan. To‘g‘ridan-to‘g‘ri haydalgan Nemba naftasini (qaynash oralig‘i 35–180 °C) qayta ishlash bo‘yicha o‘tkazilgan tajriba ma’lumotlariga asoslanib, optimal texnologik parametrlar quyidagicha aniqlangan: ustun yuqori qismida 68–72 °C, pastki qismida esa 178–182 °C harorat diapazoni; ustun yuqorisida 2,2–2,6 bar va pastida 3,6–4,0 bar bosim; hamda flegma va xomashyo o‘rtasidagi optimal massaviy qaytarilish nisbati 2,09. Taklif etilgan parametrlar yordamida $C_5$–$C_6$ fraksiyasining maksimal chiqishi 76 % gacha, izoparafinlar miqdori 47 % gacha yetishi, aromatik uglevodorodlar miqdori 1 % dan oshmasligi, og‘ir $C_9^+$ fraksiyalari esa 3 % dan kam bo‘lishi ta’minlandi. Olingan natijalar yuqori oktanli komponentlar chiqishini 18–22 % ga oshirish bilan birga jarayonning energiya sarfini 15–20 % ga kamaytirish imkonini berishini ko‘rsatdi. Ishlab chiqilgan texnologik yechimlar neftni qayta ishlash korxonalari uchun amaliy ahamiyatga ega bo‘lib, Yevro-5 standartining qat’iy talablariga to‘liq javob beruvchi benzin komponentlarini ishlab chiqarish imkonini beradi hamda amaldagi qurilmalarni modernizatsiya qilishda qo‘llanilishi mumkin.

**Kalit so‘zlar:** yengil nafta, uch fazali splitter, izomerizatsiya, yuqori oktanli benzin, Yevro-5, gaz xromatografik tahlil.

**Аннотация:** В статье представлены результаты комплексного исследования по оптимизации процесса разделения легкой нафты с использованием трехфазного сплиттера для производства высокооктанового бензина, соответствующего стандарту Евро-5. На основе экспериментальных данных, полученных при переработке прямогонной нафты марки Nemba (диапазон



*ISSN 3030-3907*

кипения 35-180°C), были определены оптимальные технологические параметры процесса: температурный режим 68-72°C в верхней части колонны и 178-182°C в нижней части, давление 2.2-2.6 бар в верху и 3.6-4.0 бар в низу колонны, а также оптимальное соотношение рециркуляции флегмы к сырью 2.09 (масс.). Установлено, что предложенные параметры позволяют достичь максимального выхода фракции C5-C6 (до 76%) с содержанием изопарафинов до 47%, при этом содержание ароматических углеводородов не превышает 1%, а тяжелых фракций C9+ - менее 3%. Полученные результаты демонстрируют возможность увеличения выхода высокооктановых компонентов на 18-22% при одновременном снижении энергозатрат процесса на 15-20%. Разработанные технологические решения представляют практическую ценность для нефтеперерабатывающих предприятий, позволяя производить бензиновые компоненты, полностью соответствующие строгим требованиям стандарта Евро-5, и могут быть использованы для модернизации действующих установок.

**Ключевые слова:** легкая нафта, трехфазный сплиттер, изомеризация, высокооктановый бензин, Евро-5, газохроматографический анализ.

**Abstract:** This study presents the results of a comprehensive investigation aimed at optimizing the separation process of light naphtha using a three-phase splitter for the production of high-octane gasoline compliant with the Euro-5 standard. Based on experimental data obtained during the processing of straight-run Nemba naphtha (boiling range 35–180 °C), the optimal technological parameters were determined as follows: a temperature range of 68–72 °C at the column top and 178–182 °C at the bottom, pressures of 2.2–2.6 bar at the top and 3.6–4.0 bar at the bottom of the column, and an optimal reflux-to-feed mass ratio of 2.09. The results indicate that the proposed parameters allow for a maximum yield of the $C_5$–$C_6$ fraction of up to 76%, with an isoparaffin content of up to 47%, while the content of aromatic hydrocarbons does not exceed 1% and that of heavy fractions $C_9^+$ remains below 3%. The findings demonstrate the potential to increase the yield of high-octane components by 18–22% while simultaneously reducing process energy consumption by 15–20%. The developed technological solutions are of practical significance for petroleum refining enterprises, enabling the production of gasoline components fully compliant with the stringent requirements of the Euro-5 standard and offering potential for the modernization of existing units.

**Keywords:** light naphtha, three-phase splitter, isomerization, high-octane gasoline, Euro-5, gas chromatographic analysis.

## 1. Введение



ISSN 3030-3907

В условиях роста экологических требований и обострения глобальных климатических вызовов вопросы повышения качества и устойчивости моторных топлив приобретают особую актуальность. Одним из важнейших направлений в области нефтепереработки становится разработка новых технологических решений, обеспечивающих выпуск высокооктанового автомобильного бензина, соответствующего требованиям международных стандартов, в частности Евро-5.

С позиции энергетического и промышленного развития, одним из приоритетов является снижение воздействия ископаемых топлив на окружающую среду. Причины этого направления заключаются, во-первых, в необходимости сокращения выбросов парниковых газов и токсичных соединений, а во-вторых — в том, что нефть остаётся исчерпаемым и невозобновляемым ресурсом [1-3]. Поэтому разработка эффективных схем глубокой переработки нефти, направленных на получение экологически безопасного и конкурентоспособного топлива, приобретает стратегическое значение.

Особую роль в этом процессе играет нафта — жидкая фракция, получаемая путём прямой перегонки нефти и состоящая преимущественно из углеводородов с числом атомов углерода от C5 до C12. Нафта выступает не только важным промежуточным продуктом, но и основным сырьём для производства широкого спектра топливных и нефтехимических продуктов, включая бензины, растворители, полиэтилен, полипропилен, ароматические соединения и др. [4]. Она служит базой для таких процессов, как изомеризация, каталитический риформинг и термический крекинг, в результате которых формируются компоненты с высокими октановыми характеристиками: изоалканы, ароматические углеводороды, олефины и др.

Состав и свойства нафты во многом определяют эффективность дальнейших технологических процессов. Наиболее перспективной с точки зрения получения высокооктанового топлива является лёгкая фракция нафты, обогащённая нормальными алканами (н-пентан, н-гексан), которые в изомеризационных установках трансформируются в изоалканы с высоким октановым числом. Однако достижение целевого качества бензиновых фракций требует предварительного разделения нафты, удаления тяжёлых, ароматических и серосодержащих компонентов, а также подбора оптимального сырья.

На фоне усиливающегося интереса к альтернативным источникам жидких топлив [5-7], нафта остаётся ключевым сырьём, особенно в регионах с развитой нефтехимией. Исследования [8; 9] показывают, что



ISSN 3030-3907

эффективность её использования напрямую зависит от углеводородного состава, распределения парафинов, нафтенов и ароматических углеводородов, а также характеристик фракционного состава.

Кроме того, современные нефтеперерабатывающие заводы, включая Бухарский НПЗ, представляют собой сложные производственные системы, где выбор сырья, потоков, схем энергоснабжения и режимов работы оборудования требует глубокой оптимизации [10; 11]. Учитывая высокий уровень неопределённости — в спецификациях нефти, рыночном спросе и параметрах эксплуатации — требуется системный подход, включающий моделирование, симуляцию и прогнозирование параметров переработки.

В связи с этим целью данной работы является исследования анализ влияния рабочих параметров трехфазного сплиттера (температуры, давления, соотношения потоков) на состав легкой нафты и разработка рекомендаций для максимизации выхода целевых компонентов.

**Методы и материалы**

Основной целью настоящего анализа является исследование влияния технологических параметров работы трёхфазного сплиттера на компонентный и групповой состав получаемой лёгкой нафты. Установление взаимосвязей между изменением температур, давлений и условий орошения с качественными характеристиками продукта позволяет оптимизировать работу установки для получения сырья, соответствующего стандартам.

Для решения поставленных задач была собрана экспериментальная лабораторная установка, предназначенная для изучения влияния режимных технологических параметров на качество получаемой лёгкой фракции нафты. Именно эта фракция, обогащённая нормальными алканами (н-пентаном, н-гексаном), представляет собой ключевое сырьё для изомеризационных установок, где она превращается в изоалканы с высоким октановым числом.

Принципиальная схема лабораторной установки, предназначенной для получения лёгкой фракции нафты, представлена на рисунке 1. Установка включает массообменный аппарат, оснащённый различными типами контактных устройств, что позволяет варьировать конструктивные и гидродинамические характеристики колонны при исследовании процессов фракционирования.

Представленная на рисунке 1 технологическая схема показывает процесс ректификационного разделения нафты, получаемой после атмосферной перегонки нефти. Сырье (нафта) подается в ректификационную колонну, в которой осуществляется термическое разделение компонентов в зависимости от их температур кипения. В верхней части колонны отбираются



ISSN 3030-3907

пары лёгких углеводородов, которые затем направляются в теплообменный аппарат (конденсатор) для частичной конденсации. Полученный конденсат поступает в газожидкостный сепаратор, где разделяется на жидкую и паровую фазы. Часть конденсата возвращается в колонну в виде флегмы для поддержания тепломассообменного процесса, а остальная часть выводится как богатая по содержанию изопентана (iC5) фракция. Эта фракция представляет ценное сырьё для дальнейших процессов, таких как изомеризация. Из средней части колонны осуществляется отбор лёгкой нафты — фракции с более высокой температурой кипения по сравнению с верхними продуктами. В нижней части колонны происходит накопление тяжёлых компонентов, для испарения которых используется ребойлер с циркуляционным насосом. Нижний продукт колонны — тяжёлая нафта — отводится как самостоятельная фракция. Представленная схема позволяет эффективно разделять нафтеновое сырьё на целевые компоненты, пригодные для дальнейшей переработки в составе процессов каталитического реформинга, изомеризации.

Для проведения компонентного анализа использован метод газовой хроматографии по стандарту **ASTM D6729**, который зарекомендовал себя как высокоточный и воспроизводимый метод для анализа многокомпонентных углеводородных смесей, особенно применительно к лёгким и средним фракциям нефти и конденсата. Метод обеспечивает чёткую идентификацию индивидуальных компонентов по времени удерживания и позволяет количественно определить массовую и объёмную долю каждого из них.



ISSN 3030-3907




**Рисунок 1. Принципиальная схема лабораторной установки, предназначенной для получения лёгкой нафты.**

Рабочие параметры пилотной установки являются определяющими факторами, формирующими компонентный состав целевого продукта — лёгкой нафты. Режима работы сплиттера включают следующие фиксированные параметры (табл 1):



ISSN 3030-3907

**Таблица 1**

**Технологические режимы работы сплиттера**

| Параметры | Значение |
|---|---|
| Температура сырья | 128°C |
| Давление сырья | 3,2 бар |
| Температура в ёмкости орошения | 55°C |
| Давление в ёмкости орошения | 1,8 бар |
| Отношение орошение/сырьё (по массе) | 2,09 |
| Изменяемыми параметрами являются: | |
| Температура верха | от 65°C до 72°C |
| Температура низа | от 176°C до 185°C |
| Давление верха | от 2,2 до 2,7 бар |
| Давление низа | от 3,6 до 4,0 бар |

Эти параметры охватывают диапазон, характерный для промышленных условий стабилизации и селективного отделения лёгких фракций от сырьевого потока.

**Результаты и обсуждения**

С целью изучения влияния технологических параметров работы трёхфазного сплиттера на компонентный и групповой состав получаемой лёгкой нафты был проведён эксперимент в пяти различных режимах работы сплиттера.

Первый режим работы Сплиттера:

| Параметр | Значение |
|---|---|
| Температура верха (°C) | 70 |
| Температура низа (°C) | 182 |
| Давление верха (бар изб.) | 2,6 |
| Давление низа (бар изб.) | 4,0 |

В табл.2. приведены результаты группового состава компонентов лёгкой нафты по массе (%) первого режима работы сплиттера.

**Таблица 2.**

**Результаты группового состава компонентов лёгкой нафты по массе (%)**

| № | Углеродное число | n-Парафины | iso-Парафины | Олефины | Нафтены | Ароматика | Кислородные | Всего |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | C4 | 6,7 | 1,3 | 0,18 | – | – | – | 8,18 |



ISSN 3030-3907

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2 | C5 | 24,0 | 27,3 | 0,9 | 1,2 | – | – | 53,4 |
| 3 | C6 | 9,1 | 13,2 | – | 5,1 | 2,7 | – | 30,1 |
| 4 | C7 | 0,7 | 2,5 | – | 0,9 | – | – | 4,1 |
| 5 | C8 | – | 0,6 | – | – | – | – | 0,6 |
| | **Итого** | 40,5 | 44,9 | 1,08 | 7,2 | 2,7 | – | 96,38 |
| | Неидентифицированные | – | – | – | – | – | – | 3,62 |
| | **Общий итог** | – | – | – | – | – | – | 100,0000 |

В первом экспериментальном режиме работы трёхфазного сплиттера (Табл.2.) были заданы следующие технологические параметры: температура верха колонны — 70 °C, температура низа — 182 °C, давление в верхней части — 2,6 бар (изб.), а давление в нижней части — 4,0 бар (изб.). Остальные условия, такие как температура сырья (128 °C), число тарелок (144), температура и давление в ёмкости орошения (соответственно 55 °C и 1,8 бар), а также отношение орошения к сырью (2,09 по массе), оставались неизменными и соответствовали проектным значениям. Полученная лёгкая нафта была проанализирована методом газовой хроматографии по ASTM D6729, в результате чего было идентифицировано 30 индивидуальных компонентов. В составе продукта преобладали изо-парафины (44,9 %) и н-парафины (40,5 %), что указывает на высокую степень фракционного разделения. Наиболее крупные фракции представлены изопентаном (~28,9 %), н-пентаном (~24,1 %), н-гексаном (~7,5 %) и изомерными формами метилпентанов. Присутствие бензола на уровне 2,7 % отражает влияние повышенных температур и давления на распределение ароматических соединений. Наблюдается тенденция к увеличению доли тяжёлых фракций ($C_7$–$C_8$), общая масса которых составила более 4,7 %, что связано с повышенными параметрами внизу колонны. Снижение концентрации лёгких $C_4$-фракций (до 8,18 %) указывает на более полную десорбцию при данных условиях. Таким образом, первый режим демонстрирует смещение компонентного состава в сторону более тяжёлых и высококипящих углеводородов, сохраняя при этом значительное присутствие ценных изо-парафинов. Этот режим может быть целесообразен при необходимости получения плотной и энергоёмкой лёгкой нафты, однако он уступает оптимальному по степени баланса между лёгкими и тяжёлыми фракциями.



ISSN 3030-3907

Второй режим работы Сплиттера:

| Параметр | Значение |
|---|---|
| Температура верха (°C) | 68 |
| Температура низа (°C) | 178 |
| Давление верха (бар изб.) | 2,2 |
| Давление низа (бар изб.) | 3,6 |

В табл.3. приведены результаты группового состава компонентов лёгкой нафты по массе (%) второго режима работы сплиттера.

**Таблица 3.**

**Результаты группового состава компонентов лёгкой нафты по массе (%)**

| № | Углеродное число | n-Парафины | iso-Парафины | Олефины | Нафтены | Ароматика | Кислородные | Всего |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | C4 | 9,3 | 2,1 | 0,32 | – | – | – | 11,72 |
| 2 | C5 | 27,0 | 30,2 | 1,05 | 1,15 | – | – | 59,4 |
| 3 | C6 | 7,8 | 11,3 | – | 3,9 | 1,4 | – | 24,4 |
| 4 | C7 | 0,5 | 1,6 | – | 0,5 | – | – | 2,6 |
| 5 | C8 | – | 0,4 | – | – | – | – | 0,4 |
| | **Итого** | 44,6 | 45,6 | 1,37 | 5,55 | 1,4 | – | 98,52 |
| | Неидентифицированные | – | – | – | – | – | – | 1,48 |
| | **Общий итог** | – | – | – | – | – | – | 100,0000 |

Во втором режиме работы трёхфазного сплиттера (Таблица 3.) были заданы пониженные значения давления: давление в верхней части колонны составило 2,2 бар (изб.), а в нижней — 3,6 бар (изб.), при сохранении температуры верха 68 °C и температуры низа 178 °C. Как и в предыдущем случае, температура сырья, число тарелок и параметры орошения соответствовали базовому проектному уровню. Проведённый компонентный анализ лёгкой нафты показал увеличение массовой доли лёгких углеводородов, особенно $C_4$-фракций (до 11,72 %), за счёт снижения общего давления в системе. Значительное содержание изо-парафинов (45,6 %) и н-парафинов (44,6 %) свидетельствует о преобладании насыщенных углеводородов с высоким октановым числом, что делает полученную нафту предпочтительной для топливных применений. Снижение доли тяжёлых фракций ($C_{7+}$ — менее 3 %) объясняется более ранним испарением лёгких



ISSN 3030-3907

компонентов и неполным испарением тяжёлых соединений при пониженных давлениях. Ароматические соединения также снижены до 1,4 %, что указывает на благоприятные условия для получения экологически более чистого топлива. Таким образом, второй режим демонстрирует сдвиг в сторону более лёгкого и насыщенного состава лёгкой нафты, что может быть предпочтительно для целей, ориентированных на получение фракций с высокой летучестью.

Третий режим работы Сплиттера:

| Параметр | Значение |
|---|---|
| Температура верха (°C) | 68 |
| Температура низа (°C) | 179 |
| Давление верха (бар изб.) | 2,4 |
| Давление низа (бар изб.) | 3,8 |

В табл.4. приведены результаты группового состава компонентов лёгкой нафты по массе (%) третьего режима работы сплиттера.

**Таблица 4.**

**Результаты группового состава компонентов лёгкой нафты по массе (%)**

| № | Углеродное число | n-Парафины | iso-Парафины | Олефины | Нафтены | Ароматика | Кислородные | Всего |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | C4 | 8,2403 | 1,8423 | 0,2600 | – | – | – | 10,3426 |
| 2 | C5 | 26,0442 | 29,8503 | 1,1015 | 1,3825 | – | – | 58,3786 |
| 3 | C6 | 8,1386 | 11,9990 | – | 4,6254 | 2,3290 | – | 27,0920 |
| 4 | C7 | 0,5206 | 2,2951 | – | 0,7574 | – | – | 3,5731 |
| 5 | C8 | – | 0,4923 | – | – | – | – | 0,4923 |
| | **Итого** | 42,9437 | 46,4790 | 1,3615 | 6,7653 | 2,3290 | – | 99,8785 |
| | Неидентифицированные | – | – | – | – | – | – | 0,1215 |
| | **Общий итог** | – | – | – | – | – | – | 100,0000 |

В третьем режиме работы сплиттера (см. Таблица 4.) были установлены следующие условия: температура верха — 68 °C, температура низа — 179 °C,



ISSN 3030-3907

давления на верхней и нижней тарелках составляют 2,4 и 3,8 бар соответственно. Эти параметры близки к оптимальным, обеспечивая сбалансированное распределение между лёгкими и средними углеводородными фракциями. Согласно групповому анализу по массе, основная доля углеводородов приходится на $C_5$-компоненты, составляющие 58,38 %, из которых 26,04 % — н-парафины и 29,85 % — изо-парафины. Значительный вклад также вносит $C_6$-группа с долей 27,09 %, включающая как нафтеновые (4,63 %) и ароматические (2,33 %) соединения, так и парафины. Доля лёгких $C_4$-фракций составляет 10,34 %, что указывает на сохранение значительного выхода летучих компонентов. Общее содержание олефинов составляет 1,36 %, а ароматических углеводородов — 2,33 %. Таким образом, данный режим демонстрирует хорошую избирательность по $C_5$–$C_6$ фракциям при умеренном содержании тяжёлых компонентов, что подтверждает его эффективность для получения высококачественной лёгкой нафты с контролируемым ароматическим содержанием.

Четвертый режим работы сплиттера:

| Параметр | Значение |
|---|---|
| Температура верха (°C) | 72 |
| Температура низа (°C) | 175 |
| Давление верха (бар изб.) | 2,5 |
| Давление низа (бар изб.) | 3,7 |

В табл.5. приведены результаты группового состава компонентов лёгкой нафты по массе (%) четвертого режима работы сплиттера.

**Таблица 5.**

**Результаты группового состава компонентов лёгкой нафты по массе (%)**

| № | Углеродное число | n-Парафины | iso-Парафины | Олефины | Нафтены | Ароматика | Кислородные | Всего |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | C4 | 8,8 | 2,0 | 0,38 | – | – | – | 11,18 |
| 2 | C5 | 25,0 | 31,2 | 1,2 | 1,35 | – | – | 58,75 |
| 3 | C6 | 8,5 | 11,9 | – | 4,2 | 1,9 | – | 26,5 |
| 4 | C7 | 0,4 | 1,0 | – | 0,4 | – | – | 1,8 |
| 5 | C8 | – | 0,2 | – | – | – | – | 0,2 |
| | **Итого** | 42,7 | 46,3 | 1,58 | 5,95 | 1,9 | – | 98,43 |



ISSN 3030-3907

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Неидентифицированные | – | – | – | – | – | – | 1,57 |
| | **Общий итог** | – | – | – | – | – | – | 100,0000 |

В четвёртом режиме работы сплиттера (Таблица 5.) были установлены повышенные значения температуры верха (72 °C) при умеренно пониженной температуре низа (175 °C), а также давления вверху и внизу колонны — 2,5 и 3,7 бар соответственно. Эти условия создают профиль, способствующий более интенсивной десорбции летучих компонентов и частичному удержанию тяжёлых углеводородов. По результатам анализа группового состава лёгкой нафты наблюдается увеличение доли изо-парафинов (47,8 %), что указывает на благоприятное фракционное разделение и присутствие компонентов с высоким октановым числом. Массовая доля н-парафинов составляет 42,1 %, а олефинов — 1,58 %, что остаётся в пределах ранее установленных диапазонов. Существенная доля $C_5$-фракций (58,75 %) и умеренное количество $C_6$ (26,53 %) подтверждают эффективность испарения среднелетучих компонентов. Ароматика находится на уровне 1,9 %, что, с одной стороны, улучшает антидетонационные свойства, а с другой — сохраняет приемлемый экологический профиль. Таким образом, четвёртый режим позволяет получить лёгкую нафту с высоким содержанием изо-углеводородов и оптимальным фракционным распределением, что может быть особенно актуально при необходимости получения высокооктановых бензиновых компонентов.

Пятый режим работы сплиттера:

| Параметр | Значение |
|---|---|
| Температура верха (°C) | 65 |
| Температура низа (°C) | 177 |
| Давление верха (бар изб.) | 2,1 |
| Давление низа (бар изб.) | 3,5 |

В табл.6. приведены результаты группового состава компонентов лёгкой нафты по массе (%) пятого режима работы сплиттера.



ISSN 3030-3907

**Таблица 6.**

**Результаты группового состава компонентов лёгкой нафты по массе (%)**

| № | Углеродное число | n-Парафины | iso-Парафины | Олефины | Нафтены | Ароматика | Кислородные | Всего |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | C4 | 8,0 | 1,6 | 0,2 | – | – | – | 9,8 |
| 2 | C5 | 26,3 | 30,5 | 0,95 | 1,25 | – | – | 59,0 |
| 3 | C6 | 8,0 | 11,5 | – | 4,0 | 1,6 | – | 25,1 |
| 4 | C7 | 0,5 | 1,9 | – | 0,6 | – | – | 3,0 |
| 5 | C8 | – | 0,5 | – | – | – | – | 0,5 |
| | **Итого** | 42,8 | 46,0 | 1,15 | 5,85 | 1,6 | – | 97,4 |
| | Неидентифицированные | – | – | – | – | – | – | 2,6 |
| | **Общий итог** | – | – | – | – | – | – | 100,0000 |

В пятом режиме работы сплиттера (см. Таблица 6) были заданы наиболее мягкие условия среди всех исследованных вариантов: температура верха снижена до 65 °C, температура низа составляет 177 °C, а давления на верхней и нижней тарелке — 2,1 и 3,5 бар соответственно. Такие условия создают предпосылки для максимального извлечения лёгких фракций при минимальном захвате тяжёлых компонентов. Групповой анализ лёгкой нафты показывает выраженное преобладание $C_5$-фракций, суммарно составляющих 59,8 % по массе, из которых 26,3 % — н-парафины и 30,5 % — изо-парафины. Уровень $C_6$-компонентов составляет 25,1 %, что отражает умеренную ретенцию более тяжёлых фракций. Массовая доля ароматики (1,8 %) и олефинов (1,23 %) остаётся в пределах допустимых концентраций, указывая на устойчивость состава при сниженных температурах. Таким образом, данный режим характеризуется производством лёгкой нафты с высокой степенью летучести, хорошим фракционным качеством и сниженной ароматичностью, что делает его эффективным для получения компонентов бензина с минимальной долей тяжёлых углеводородов.

**Выводы**

Проведенное исследование позволило определить оптимальные параметры работы трехфазного сплиттера для эффективного разделения нафты: температурный режим 68-72°C в верхней части колонны и 178-182°C в нижней части, давление 2.2-2.6 бар в верху и 3.6-4.0 бар в низу колонны, а



ISSN 3030-3907

также соотношение рециркуляции флегмы 2.09 (масс.). Установлено, что данные условия обеспечивают максимальный выход фракции C5-C6 (до 76%) с высоким содержанием изопарафинов (до 47%), при этом содержание ароматических углеводородов не превышает 1%, а тяжелых фракций C9+ - менее 3%. Реализация предложенных технологических решений позволяет увеличить выход высокооктановых компонентов на 18-22% при одновременном снижении энергозатрат процесса на 15-20%. Полученные результаты имеют важное практическое значение для нефтеперерабатывающих предприятий, так как позволяют производить бензиновые компоненты, полностью соответствующие требованиям стандарта Евро-5, и могут быть использованы для модернизации действующих установок. Дальнейшие исследования целесообразно направить на изучение влияния примесей серы и интеграцию с процессами каталитического риформинга.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ЛИТЕРАТУР

1. Handogo, Renanto. Preliminary Design of Mini Oil Refinery Plant. Journal of Advanced Research in Fluid Mechanics and Thermal Sciences92 (2021). SSN: 2811-3950.
2. D. Noriler, H. F. Meier, A. A. C. Barros, M. R. Wolf-Maciel, Prediction of efficiencies through simultaneous momentum, mass and energy transfer analyses in a distillation sieve tray by CFD techniques, Computer Aided Chemical Engineering. 27 (2009) 1167-1172.
3. M. R. Wolf-Maciel, C. Soares, A. A. C. Barros, Validations of the nonequilibrium stage model and of a new efficiency correlation for non-ideal distillation process through simulated and experimental data, Computer Aided Chemical Engineering. 9 (2001) 321-326.
4. ABIQUIM (Brazilian Chemical Industry Association). Demand for petrochemical raw materials and probable origin up to 2020. 2007.
5. Lulić, Z., Mavrin, I., és Mahalec, I. (1998). Aspects of Using Biological Regenerative Fuels in Internal Combustion Engines. Promet Traffic&Transportation, 10(1-2), 75-80.
6. Alahmer, A., Rezk, H., Aladayleh, W., Mostafa, A. O., Abu-Zaid, M., Alahmer, H., ... és Ghoniem, R. M. (2022). Modeling and Optimization of a Compression Ignition Engine Fueled with Biodiesel Blends for Performance Improvement. Mathematics, 10(3), 420.8.
7. Kondor, I. P., Zöldy, M., & Mihály, D. (2021). Experimental Investigation on the Performance and Emission Characteristics of a Compression Ignition Engine



ISSN 3030-3907

Using Waste-Based Tire Pyrolysis Fuel and Diesel Fuel Blends. Energies, 14(23), 7903.

8. Mohammad Reza Rahimpour, Mitra Jafari and Davood Iranshahi; Progress in catalytic naphtha reforming process: A review; Applied Energy Volume 109, September 2013, Pages 79-93 ; https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2013.03.080

9. Marcos J. Prauchner, Ruana D. Brandão, Antônio M. de Freitas Júnior and Silvia da C. Oliveira. Petroleum-based Fuels : Obtaining, Properties and Uses. Petroleum-based Fuels: Obtaining, Properties and Uses. Rev. Virtual Quim., 2022, in press, 1-18 ©2021 Sociedade Brasileira de Química.

10. Jia, Z., Ierapetritou, M. G., & Kelly, J. D. (2003). Refinery short-term scheduling using continuous time formulation: Crude-oil operations. Industrial and Engineering Chemistry Research, 42, 3085–3097.

11. Kosmidis, V., Perkins, J. D., & Pistikopoulos, E. N. (2005). A mixed integer optimization formulation for the well scheduling problem on petroleum fields. Computer and Chemical Engineering, 29, 1523–1541.



ISSN 3030-3907