ISNN 3030-3907

2026/3
VOLUME 3

# DEVELOPMENT OF SCIENCE

## ILMIY JURNAL



# Development of science

## Ilmiy jurnal

*2026/3 VOLUME 3*

*ISSN 3030 -3907*

***Ilmiy jurnal OAK rayosatining 2024 yil 27 sentabrdagi 361-son qaroriga asosan 02.00.00 kimyo fanlari hamda 2025 yil 12 fevral 367- son qaroriga asosan 05.00.00 texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD) va fan doktori (DSc) ilmiy darajasiga talabgorlarning dissertatsiya ishlari yuzasidan dissertatsiyalari asosiy ilmiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan milliy ilmiy nashrlar ro‘yxatiga kiritilgan.***

**BOSH MUHARRIR:**
***Temirov Alisher Hoshim o‘g‘li – texnika fanlari falsafa doktori (PhD),Dotsent.***
**TAHRIRIYAT KENGASH RAISI:**
***Fozilov Sadriddin Fayzullayevich – texnika fanlari doktori, professor***
***TAHRIRIYAT KENGASH A’ZOLARI***

**TEXNIKA FANLARI/ TECHNICAL SCIENCES/ ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ**

***Bozorov G‘ayrat Rashidovich***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor*
***Abdurahmonov Olim Rustamovich***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor*
***Adizov Bobur Zamirovich***
*O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Umumiy va noorganik kimyo instituti, professor*
***Hayitov Ruslan Rustamjonovich***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor*
***Jumayev Qayum Karimovich***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.*
***Berdiyev Dorob Murodovich***
*Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor*
***Maxmudov Rafiq Amonovich***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.*
***Tilloyev Lochin Ismatilloyevich***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.*
***Raxmonov Qahramon Sanakulovich***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.*
***Barakayev Nusratullo Rajabovich***
*Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor.*
***Jo‘rayev Xayrullo Fayziyevich***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.*
***Panoyev Erali Rajabboyevich***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.*
***Ataullayev Sherzod Nabiullyevich***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.*
***Murodov Malik Negmurodovich***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.*
***Axmedova Ozoda Bahronovna***
*Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti.*
***Safarov Bahri Jumayevich***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.*
***Xaydarov Axtam Amonovich***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.*
***Safarov Jasur Alijon o‘g‘li***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.*
***Асадова Раъно Дилмуратовна***
*Тошкент Давлат техника университети доценти*

**KIMYO FANLARI/ CHEMICAL SCIENCES/ ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ**

***Axmedov Voxid Nizomovich***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor*
***Umarov Baqo Bafoyevich***
*Buxoro Davlat Universiteti, professor*
***Kodirov Abduaxad Abduraximovich***
*Qarshi davlat Universiteti, professor*
***Qurbonov Mingniqul Jumagulovich***
*Qarshi davlat Universiteti, dotsent*
***Turemuratov Sharibay Naurizbaevich***
*O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Qoraqalpog‘iston bo‘limi Bosh ilmiy kotibi, professor*
***Tursunov Kaxor Shonazarovich***
*Qarshi davlat Universiteti, professor*
***Do‘stov Hamro***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor*
***Panoyev Nodir Shavkatovich***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.*
***Olimov Bobur Bahodir o‘g‘li***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.*
***Kasimov Sherzod Abduazimovich***
*Termiz Davlat Universiteti, professor.*
***Aliqulov Rustam Valiyevich***
*Termiz Davlat Universiteti, professor*
***Tropov Xamza Tursunovich***
*Samarqand Davlat Universiteti, professor*

**IQTISODIYOT FANLARI/ ECONOMICS/ ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ**

***Nizamov Aslitdin Badreddinovich***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.*
***Boboyev Akmal Choriyevich***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.*
***Ergashxojayeva Shaxnoza Djasurovna***
*Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor*
***Saidaxmedova Nodira Ilxomovna***
*Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor*
***Muxsinov Bekzod Toxirovich***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.*
***Shakarov Qulmat Ashirovich***
*Renessans ta'lim universiteti,dotsent.*
***Jumaeva Zulfiya Qayumovna***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.*
***Norova Salomat Yusupovna***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.*
***Avezova Shaxnoza Maxmudjonovna***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.*
***Jalilov Jamshid G‘anijonovich***
*Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, dotsent*
***Xasanova Gulruh Djumanazarovna***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.*

**PEDAGOGIKA FANLARI/ PEDAGOGICAL SCIENCES / ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ НАУКИ**

***Siddiqova Sadoqat G‘afforovna***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.*
***Zoyirov Erkin Xalilovich***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, DSc, professor*
***Gaffarov Feruz Hasanovich***
Puchon Universiteti, *professor*
***Ruziyev Davron Yuldashevich***
*Buxoro Davlat Universiteti, professor*
***Muradova Firuza Rashidovna***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.*
***Yunusova Gulandon Samiyevna***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.*
***To‘xtayeva Zebo Sharifovna***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.*
***Navro‘zova Gulchixra Nigmatovna***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.*
***Uzoqova Laylo Polvonovna***
*Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.*
***To‘raqulova Marjona Qiyom qizi***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.*
***Muradova Zarina Rashidovna***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.*
***Murodov Sanjar Aslonovich***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.*
***Shodiyev Jahongir Jo‘raqulovich***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent*
***Gaffarov Laziz Hasanovich***
*Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.*

Tahririyat a’zolarning to‘liq ro‘yxati jurnalning www.devos.uz saytida keltirilgan.

Tahririyat hay’ati a’zolarining tarkibini o‘zgartirish hamda qo‘shimcha kiritish yoki tahririyat a’zoligidan chiqarish bosh muharrir tomonidan amalga oshiriladi.



ISSN 3030-3907

**Development of science** ilmiy jurnali 2024 yil 15 aprel kuni №256445 sonli guvohnoma bilan Davlat ro‘yxatidan o‘tgan.

To‘plam elektron ko‘rinishda (pdf formatida) mualliflarga taqdim etiladi. To‘plamga kiritiladigan maqolalarning mazmuni, ulardagi statistik ma’lumotlar va me’yoriy hujjatlarning to‘g‘riligiga hamda har qanday fikr - mulohazalarga mualliflarning o‘zlari mas’ul hisoblanadilar. Talablarga javob bermaydigan maqolalar to‘plamga kiritilmaydi. Tashkiliy qo‘mita maqola matnini qisqartirish, qisman tuzatish kiritish, seksiyalarga joylashtirish huquqiga ega.



ISSN 3030-3907

# СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ТЕХНОЛОГИЙ СНИЖЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ ОЛЕФИНОВ И БЕНЗОЛА ПРИ ПОЛУЧЕНИИ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ БЕНЗИНОВ

**Уринбоев Темурбек Жалолдин угли**

***Стажёр-исследователь кафедры Химической технологии переработки нефти и газа, Ташкентский химико-технологический институт.***

**Ходиева Илёсбека Акрам угли**

***Магистр кафедры Химической технологии переработки нефти и газа, Ташкентский химико-технологический институт.***

**Нуриддинов Нуриддинбек Мурод угли**

***Студент кафедры Химической технологии переработки нефти и газа, Ташкентский химико-технологический институт.***

**Шокиржонов Дилмурод Одилжон угли**

***Студент кафедры Химической технологии переработки нефти и газа, Ташкентский химико-технологический институт.***

**Менглиев Шерзод Шоимович**

***PhD, доцент кафедры Химической технологии переработки нефти и газа, Ташкентский химико-технологический институт.***

***Игамкулова Наргиса Абдувалиевна***

***К.х.н., доцент кафедры Химической технологии переработки нефти и газа, Ташкентский химико-технологический институт.***

**Abstract.** The article considers modern technological approaches to reducing the content of olefins and benzene in the production of environmentally friendly automotive gasoline. An analysis of the influence of these components on the environmental and operational characteristics of motor fuels has been carried out. It is shown that an increased content of benzene and olefinic hydrocarbons worsens the environmental performance of gasoline and limits its compliance with modern international environmental standards. The main methods for reducing the content of these compounds are considered, including hydrotreating, selective hydrogenation, isomerization and combined processing of gasoline fractions. It has been established that the use of combined technological schemes makes it possible to reduce the benzene content to 0.5–0.7 % and the olefin content to 8–10 % while maintaining high operational properties of gasoline. It is shown that the use of modern refining processes ensures that automotive gasoline meets the requirements of the Euro-5 environmental standard. The obtained results can be used to improve motor fuel production technologies at oil refineries.



ISSN 3030-3907

**Keywords:** automotive gasoline, benzene, olefins, environmentally friendly fuel, hydrotreating, selective hydrogenation, isomerization, Euro-5 standard.

**Annotatsiya.** Maqolada ekologik toza avtomobil benzinlarini olishda olefinlar va benzol miqdorini kamaytirishning zamonaviy texnologik usullari ko‘rib chiqilgan. Ushbu komponentlarning motor yonilg‘ilarining ekologik va ekspluatatsion xususiyatlariga ta’siri tahlil qilingan. Benzol va olefin uglevodorodlarining yuqori miqdori benzinlarning ekologik ko‘rsatkichlarini yomonlashtirishi va ularning xalqaro ekologik standartlarga mosligini cheklashi ko‘rsatilgan. Benzin tarkibidagi ushbu birikmalar miqdorini kamaytirishning asosiy usullari, jumladan gidroochistka, selektiv gidrogenizatsiya, izomerizatsiya va benzin fraksiyalarini kompleks qayta ishlash jarayonlari tahlil qilingan. Kombinatsiyalangan texnologik sxemalarni qo‘llash benzol miqdorini 0.5–0.7 %, olefinlar miqdorini esa 8–10 % gacha kamaytirish imkonini berishi aniqlangan. Zamonaviy qayta ishlash jarayonlarini qo‘llash avtomobil benzinlarining Euro-5 ekologik standarti talablariga mos kelishini ta’minlashi ko‘rsatilgan. Olingan natijalar neftni qayta ishlash korxonalarida motor yonilg‘ilarini ishlab chiqarish texnologiyalarini takomillashtirishda qo‘llanilishi mumkin.

**Kalit so‘zlar:** avtomobil benzini, benzol, olefinlar, ekologik toza yonilg‘i, gidroochistka, selektiv gidrogenizatsiya, izomerizatsiya, Euro-5 standarti.

**Аннотация.** В статье рассмотрены современные технологические подходы к снижению содержания олефинов и бензола при получении экологически чистых автомобильных бензинов. Проведён анализ влияния данных компонентов на экологические и эксплуатационные характеристики моторных топлив. Показано, что повышенное содержание бензола и олефиновых углеводородов ухудшает экологические показатели бензинов и ограничивает их соответствие современным международным стандартам. Рассмотрены основные методы снижения содержания указанных соединений, включая гидроочистку, селективную гидрогенизацию, изомеризацию и комбинированные процессы переработки бензиновых фракций. Установлено, что наиболее эффективным направлением является использование комбинированных технологических схем, обеспечивающих снижение содержания бензола до 0.5–0.7 % и олефинов до 8–10 % при сохранении высоких эксплуатационных свойств бензина. Показано, что применение современных процессов переработки позволяет обеспечить соответствие автомобильных бензинов требованиям экологического стандарта Euro–5. Полученные результаты могут быть использованы при совершенствовании технологий производства моторных топлив на нефтеперерабатывающих предприятиях.



ISSN 3030-3907

**Ключевые слова:** автомобильный бензин, экологически чистое топливо, бензол, олефины, гидроочистка, селективная гидрогенизация, изомеризация, комбинированные процессы, бензиновые фракции, стандарт Euro–5.

**ВВЕДЕНИЕ.**

В современных условиях развития нефтеперерабатывающей промышленности одной из приоритетных задач является производство экологически безопасных автомобильных бензинов, соответствующих международным экологическим стандартам Euro–5 и Euro–6. Данные стандарты предусматривают существенное ограничение содержания токсичных компонентов топлива, прежде всего бензола и ненасыщенных углеводородов – олефинов. Бензол относится к числу канцерогенных ароматических соединений, а повышенное содержание олефинов в бензине способствует образованию смолистых веществ, увеличению выбросов углеводородов и оксидов азота при сгорании топлива, что оказывает негативное воздействие на окружающую среду и здоровье человека [1]. В связи с этим снижение содержания данных соединений является одной из ключевых задач современной технологии производства моторных топлив.

Одним из основных источников образования бензола в автомобильных бензинах является процесс каталитического риформинга бензиновых фракций, широко применяемый для повышения октанового числа топлива и получения ароматических углеводородов. Однако при этом содержание бензола и других ароматических соединений в риформате может достигать значительных значений, что требует разработки эффективных методов его снижения при сохранении высоких эксплуатационных характеристик бензина [2]. В то же время олефины в значительных количествах образуются в процессах каталитического крекинга и термической переработки углеводородного сырья, что также приводит к ухудшению экологических характеристик топлива [3].

В последние годы активно разрабатываются различные технологические подходы, направленные на снижение содержания бензола и олефинов в автомобильных бензинах. К числу наиболее распространённых методов относятся процессы гидроочистки и селективной гидрогенизации бензиновых фракций, изомеризации углеводородов, алкилирования ароматических соединений, а также применение новых каталитических систем в процессах гидропереработки и риформинга [4]. Современные исследования также направлены на совершенствование катализаторов на основе цеолитных и алюмооксидных материалов, позволяющих повысить



ISSN 3030-3907

эффективность гидрогенизационных процессов и уменьшить концентрацию экологически опасных компонентов в составе бензинов [5].

Несмотря на значительный прогресс в разработке технологий производства экологически безопасных бензинов, проблема оптимального сочетания высокого октанового числа топлива и низкого содержания бензола и олефинов остаётся актуальной. Многие существующие технологические решения обеспечивают снижение концентрации отдельных компонентов, однако требуют дальнейшей оптимизации с точки зрения технологической эффективности, энергетических затрат и экологической безопасности процессов [6].

В связи с этим анализ современных технологий снижения содержания бензола и олефинов, а также определение перспективных направлений их совершенствования представляет значительный научный и практический интерес для нефтеперерабатывающей отрасли.

**МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ.** В качестве объекта исследования рассматривались автомобильные бензиновые фракции, получаемые в процессах переработки нефти на нефтеперерабатывающих предприятиях. Основное внимание уделялось бензиновым фракциям каталитического крекинга и каталитического риформинга, характеризующимся повышенным содержанием олефиновых и ароматических углеводородов, в том числе бензола. Данные фракции широко используются в качестве компонентов товарных автомобильных бензинов и оказывают значительное влияние на их экологические характеристики.

Для проведения исследования использовались данные научных публикаций и результаты экспериментальных и аналитических исследований, представленные в современных отечественных и зарубежных источниках, посвящённых технологиям получения экологически чистых моторных топлив. Анализ литературных данных позволил определить основные технологические направления снижения содержания бензола и олефинов в автомобильных бензинах.

В работе применялись методы системного анализа, сравнительного анализа и обобщения научно–технической информации. Системный анализ использовался для оценки влияния различных технологических процессов нефтепереработки на содержание олефиновых и ароматических углеводородов в бензинах. Метод сравнительного анализа позволил сопоставить эффективность различных технологических подходов, таких как гидроочистка бензиновых фракций, селективная гидрогенизация олефинов, изомеризация углеводородов и алкилирование ароматических соединений.



ISSN 3030-3907

Для оценки эффективности технологий снижения содержания бензола и олефинов учитывались такие показатели, как степень удаления указанных соединений, изменение октанового числа бензина, экологические характеристики топлива, а также технологическая и энергетическая эффективность процессов. Анализ проводился на основе современных научных исследований, посвящённых каталитическим процессам гидропереработки бензиновых фракций и совершенствованию катализаторов для производства экологически безопасных моторных топлив.

В процессе исследования также применялись методы структурно–функционального анализа технологических процессов нефтепереработки, позволяющие определить наиболее перспективные направления совершенствования технологий производства автомобильных бензинов. Полученные результаты были использованы для выявления современных тенденций развития технологий снижения содержания бензола и олефинов и оценки их эффективности с точки зрения повышения экологических характеристик автомобильных бензинов.

**РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ.** Проведённый анализ современных технологий снижения содержания олефинов и бензола в автомобильных бензинах показал, что экологические характеристики моторных топлив в значительной степени определяются составом исходных бензиновых фракций и применяемыми технологическими процессами их переработки. Наиболее существенное влияние на уменьшение содержания нежелательных компонентов оказывают процессы гидроочистки, селективной гидрогенизации, изомеризации и комбинированной переработки.

Для сравнительной оценки эффективности указанных процессов были обобщены данные по изменению содержания бензола и олефиновых углеводородов, а также по изменению октанового числа бензина. Результаты представлены в таблице.

**Таблица**

**Влияние различных технологических процессов на состав и свойства автомобильных бензинов**

| Технологический процесс | Содержание бензола, % | Содержание олефинов, % | Октановое число |
|---|---|---|---|
| Исходная бензиновая фракция | 2.5 | 28 | 92 |
| Гидроочистка | 1.2 | 18 | 91 |



ISSN 3030-3907

| | | | |
|---|---|---|---|
| Селективная гидрогенизация | 0.9 | 12 | 90 |
| Изомеризация | 0.7 | 10 | 92 |
| Комбинированный процесс | 0.5 | 8 | 93 |

Как видно из данных, приведённых в таблице, применение современных процессов переработки обеспечивает существенное снижение содержания бензола и олефинов в бензиновых фракциях. Так, при использовании гидроочистки содержание бензола снижается с 2.5 до 1.2 %, а содержание олефинов – с 28 до 18 %. Более выраженный эффект достигается при селективной гидрогенизации и изомеризации, где наблюдается дальнейшее уменьшение концентрации ненасыщенных и ароматических соединений. Наиболее высокие результаты достигаются при использовании комбинированного процесса, при котором содержание бензола уменьшается до 0.5 %, а содержание олефинов – до 8 %.

Изменение содержания олефиновых углеводородов в бензиновых фракциях после различных процессов переработки представлено на рис.1.

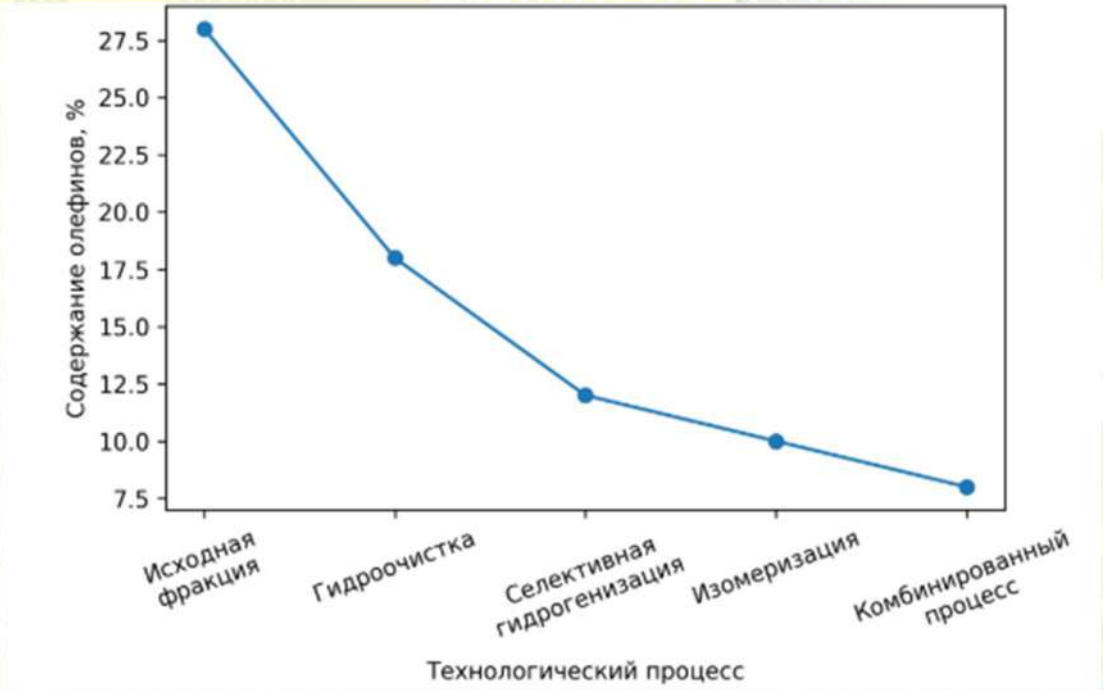



**Рис.1. Снижение содержания олефинов в бензиновых фракциях после различных процессов переработки.**

Анализ графика, представленного на рисунке 1, показывает устойчивую тенденцию к снижению содержания олефинов по мере усложнения технологической схемы переработки. Если в исходной фракции содержание олефиновых углеводородов составляет 28 %, то после гидроочистки оно снижается до 18 %, после селективной гидрогенизации –



ISSN 3030-3907

до 12 %, после изомеризации – до 10 %, а при комбинированной переработке – до 8 %. Полученные данные свидетельствуют о том, что комплексное применение процессов насыщения двойных связей и структурного преобразования углеводородов является наиболее эффективным способом снижения содержания олефинов в бензинах.

Для оценки соответствия получаемого топлива современным экологическим требованиям проведено сравнение содержания бензола в бензине после переработки с нормативным значением стандарта Euro–5. Результаты представлены на рис.2.

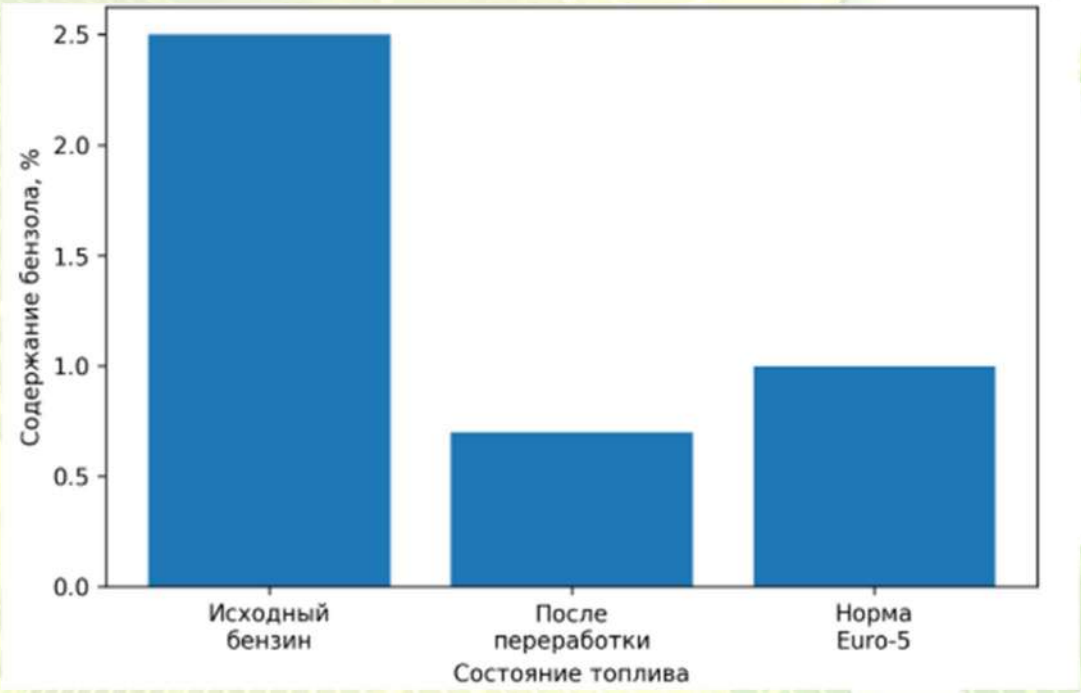



**Рис.2. Сравнение содержания бензола с требованиями экологического стандарта Euro–5.**

Как видно из рисунка 2, содержание бензола в исходном бензине составляет 2.5 %, что значительно превышает допустимое значение. После применения современных процессов переработки данный показатель снижается до 0.7 %, что ниже предельной нормы стандарта Euro–5, составляющей 1.0 %. Это свидетельствует о высокой экологической эффективности рассмотренных технологических решений и подтверждает возможность получения бензинов, соответствующих действующим международным требованиям.

Сравнительная схема снижения содержания бензола и олефинов в бензине представлена на рис.3.



ISSN 3030-3907

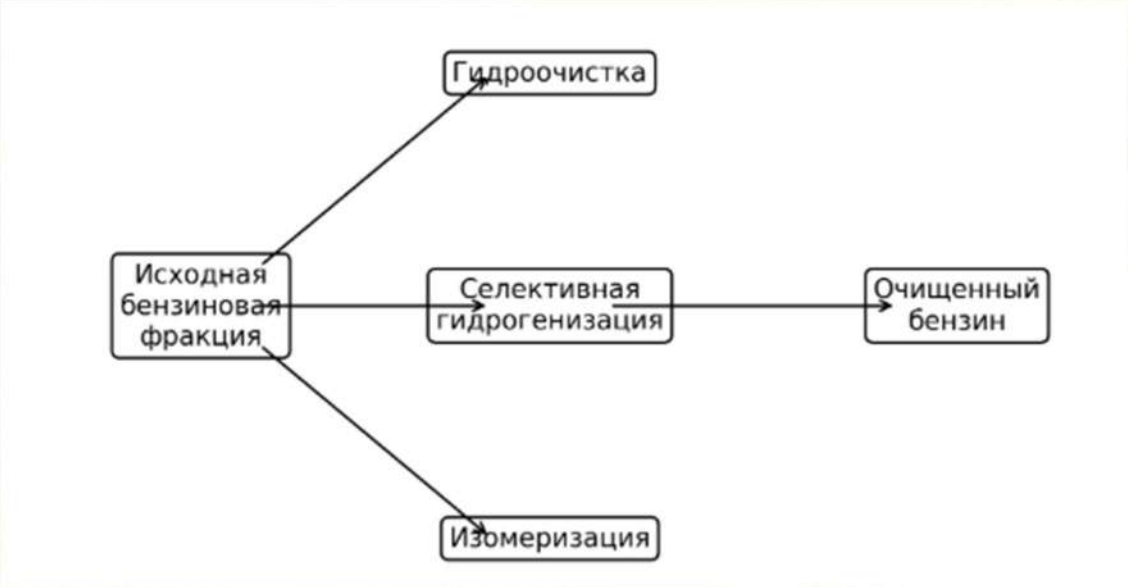



**Рис.3. Схема снижения содержания олефинов и бензола в бензине.**

Из схемы видно, что исходная бензиновая фракция может подвергаться нескольким направлениям переработки, включая гидроочистку, селективную гидрогенизацию и изомеризацию. Каждый из указанных процессов вносит определённый вклад в улучшение экологических и эксплуатационных характеристик топлива. Гидроочистка обеспечивает снижение содержания сернистых, ароматических и частично ненасыщенных соединений. Селективная гидрогенизация способствует насыщению олефиновых углеводородов и уменьшению их концентрации. Изомеризация, в свою очередь, позволяет не только улучшить углеводородный состав бензина, но и сохранить либо повысить его октановое число. Комплексное сочетание данных процессов обеспечивает получение очищенного бензина с улучшенными экологическими показателями.

Таким образом, результаты проведённого анализа показывают, что наиболее перспективным направлением получения экологически безопасных автомобильных бензинов является использование комбинированных технологических схем, включающих гидроочистку, селективную гидрогенизацию и изомеризацию бензиновых фракций. Применение указанных процессов позволяет существенно снизить содержание бензола и олефиновых углеводородов, довести состав топлива до требований стандарта Euro–5 и одновременно сохранить его высокие эксплуатационные свойства.

Полученные результаты имеют важное практическое значение для совершенствования технологий производства автомобильных бензинов на нефтеперерабатывающих предприятиях и могут быть использованы при выборе рациональной схемы переработки бензиновых фракций с целью повышения экологической безопасности моторных топлив.



ISSN 3030-3907

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ.** По результатам проведённого анализа установлено, что снижение содержания олефинов и бензола является одним из основных условий получения экологически безопасных автомобильных бензинов. Показано, что наиболее эффективное снижение содержания указанных компонентов достигается при использовании комбинированных технологических процессов, включающих гидроочистку, селективную гидрогенизацию и изомеризацию.

Установлено, что применение данных процессов позволяет снизить содержание бензола до 0.5–0.7 %, а содержание олефинов – до 8–10 %, что обеспечивает соответствие бензинов требованиям экологического стандарта Euro–5. При этом сохраняются необходимые эксплуатационные свойства топлива, включая октановое число.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Speight J.G. The Chemistry and Technology of Petroleum. – CRC Press, 2021.
2. Velázquez–Alonso F. Operative Improvement in the Naphtha Catalytic Reforming Process to Reduce Benzene Emissions // ChemEngineering. – 2025. https://doi.org/10.3390/chemengineering9020021
3. Zhao H., Liu Y. Recent advances in catalytic technologies for producing cleaner gasoline // Energy & Fuels. – 2021. https://doi.org/10.1021/acs.energyfuels.1c03165
4. Wang X., Zhang Y. Catalytic hydrogenation of olefins in gasoline fractions for cleaner fuel production // Fuel Processing Technology. – 2022. https://doi.org/10.1016/j.fuproc.2022.107072
5. Aznárez A. et al. Progress and recent novelties in naphtha reforming catalysts // Catalysis Today. – 2024. https://doi.org/10.1016/j.cattod.2024.114316
6. Tuktin B. et al. Hydroprocessing of gasoline on modified alumina catalysts // Catalysis Communications. – 2023. https://doi.org/10.1016/j.catcom.2023.106577



ISSN 3030-3907