

Технологический факультет  
Кафедра «Газохимия и моделирование химико-технологических  
процессов»

## РАЗРАБОТКА ОПТИМАЛЬНОЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ ПРОЦЕССА ЦЕОФОРМИНГА

Выпускная квалификационная работа по направлению подготовки 18.03.02  
Энерго-и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии  
и биотехнологии, бакалаврская программа «Газохимия»

Выполнил: ст.гр. БТГ-20-01

Караева Гюнель Фикрет  
КЫЗЫ

Руководитель: профессор, д-р.т.н.

Шириязданов Ришат  
Рифкатович

Уфа 2024



### Цель исследования

- Разработка технологической схемы процесса цеоформинга
- Анализ рынка автобензинов в России;
- Получение высокооктановых неэтилированных автобензинов, которые по своим основным эксплуатационным и физико-химическим характеристикам соответствуют автобензинам А-76 и АИ-92.

### Задачи

- Обзор рынка производства;
- Анализ производителей по компаниям и НПЗ;
- Исследование розничных и оптовых цен на нефтепродукты;
- Итоговая оценка баланса автобензинов в РФ.

### Преимущества процесса

- Не требуется стадия гидроочистки сырья от серы и N-содержащих соединений;
- Не требуется наличия водорода и связанного с ним компрессорного оборудования;
- Не требуются дорогостоящие катализаторы на основе благородных металлов;
- Низкое содержание бензола в получаемых бензинах;
- Автономность действия установок;
- Относительно низкие капитальные затраты и эксплуатационные расходы;
- Катализаторы разработаны на основе экологически чистой системы.

### Планируемые каналы продаж

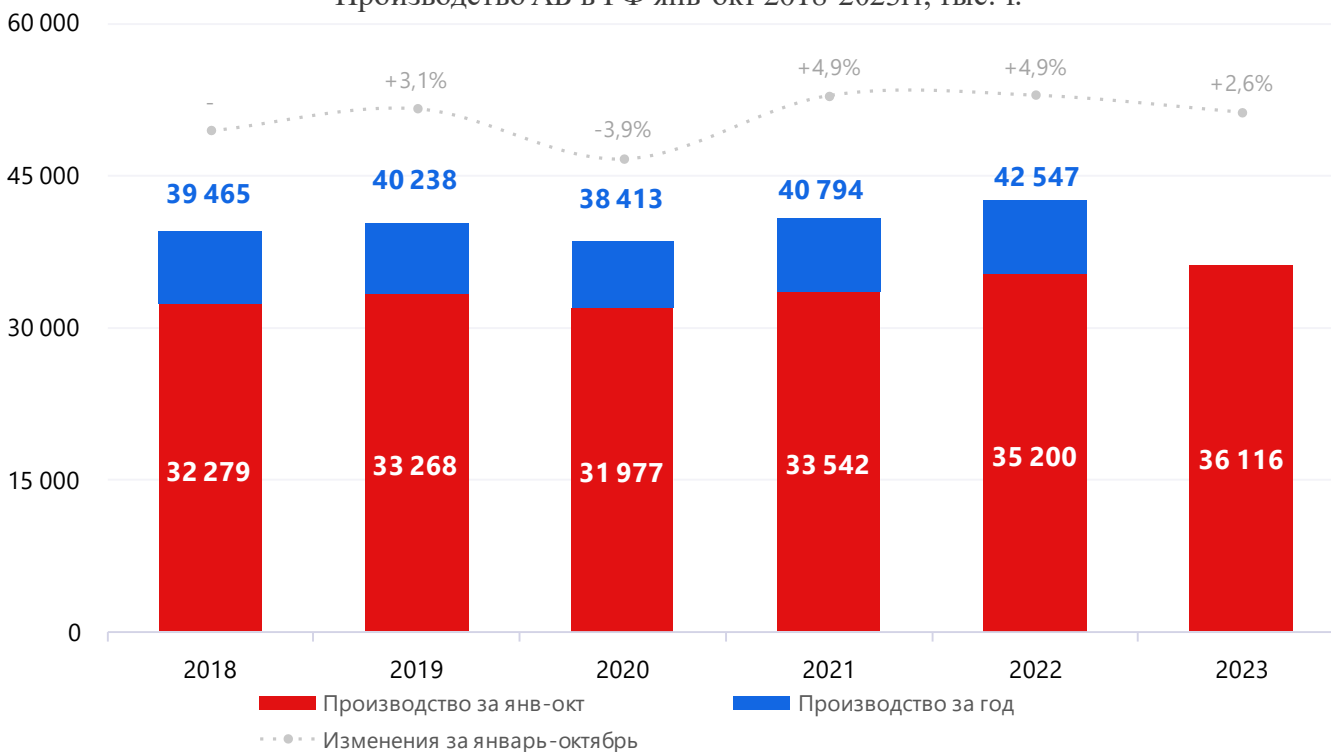
- прямые контракты с крупными потребителями на рынке;
- дистрибуция

# ПРОИЗВОДСТВО АВТОБЕНЗИНОВ В РФ

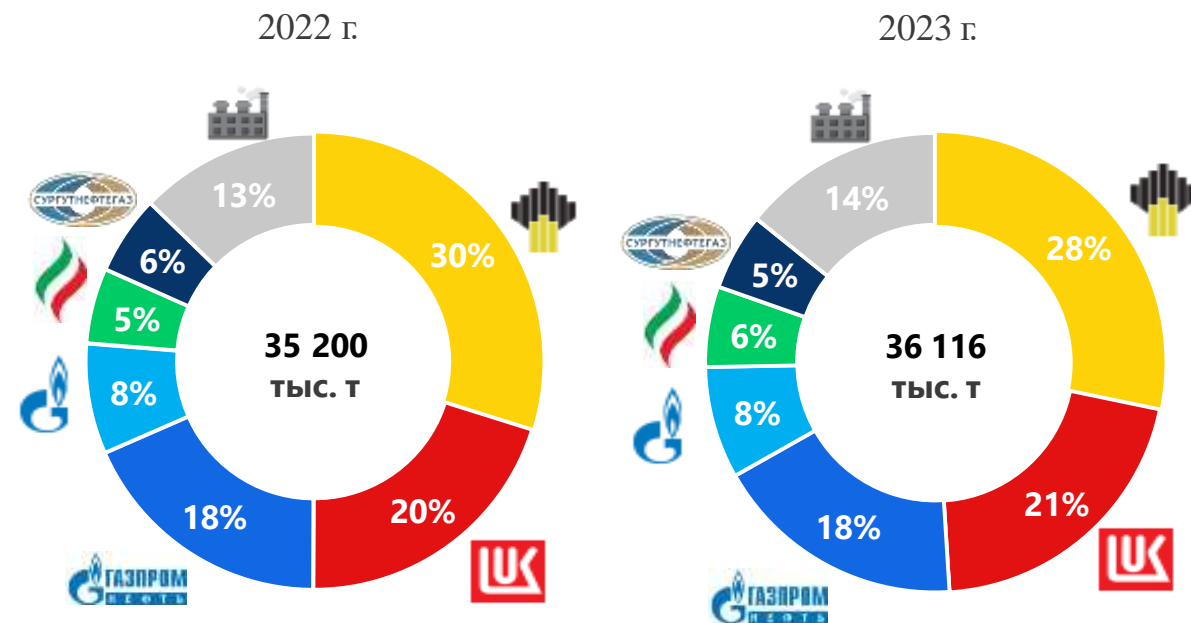
## ГОДОВАЯ ДИНАМИКА

Производство автобензинов в РФ за январь-октябрь 2023 год выросло на 2,6% относительно 2022 года

Производство АБ в РФ янв-окт 2018-2023гг, тыс. т.



Доли компаний в производстве АБ в РФ янв-окт 2022/2023г, %



- Основными факторами увеличения объемов производства по прежнему остается – рост внутреннего спроса и высокие цены на экспорт. Особого внимания заслуживают компании (Лукойл, Татнефть, Газпром), которые суммарно нарастили объемы продаж за 10 месяцев 2023 года на 626 тыс. т (+5,3%), а также компания Русинвест, которая нарастила объемы производства АБ на 132 тыс. т (+55,0%).
- Производство АБ стабильно растёт с 2020 года (+12,9%; +4 119 тыс. т.). По итогам 10 месяцев 2023 года можно прогнозировать, что объёмы производства АБ в 2023 году станут рекордными с 2019 года.

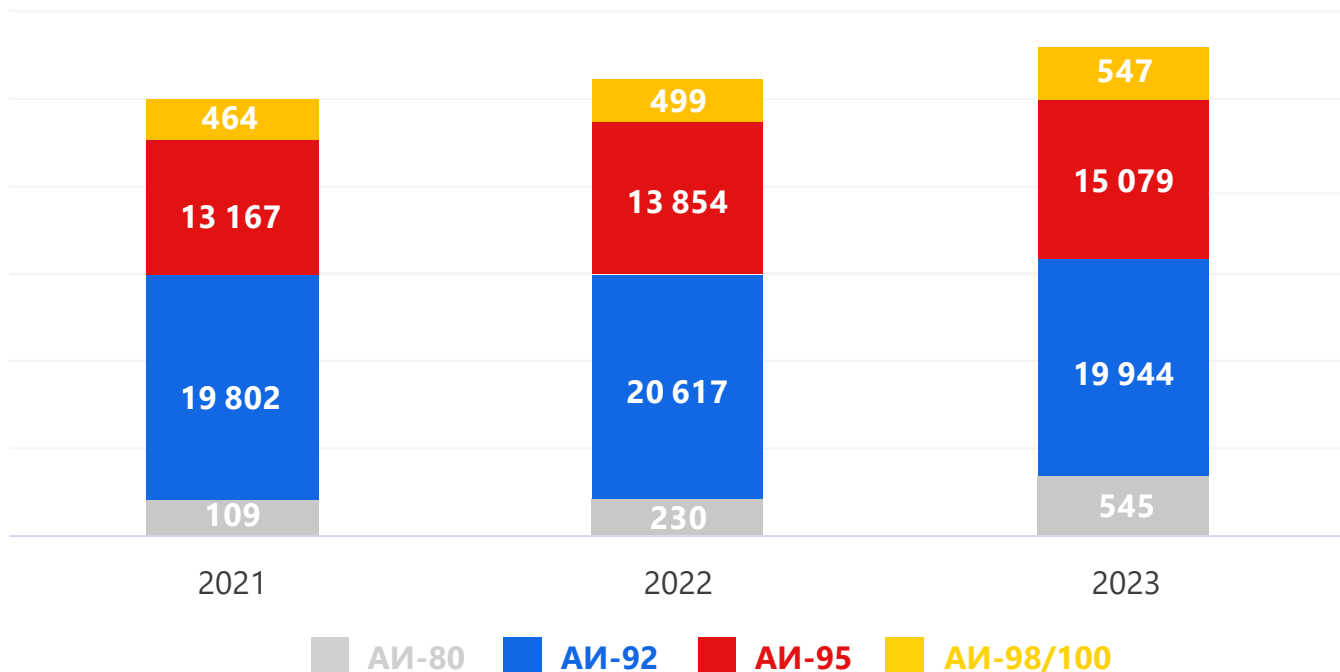
- За 10 месяцев 2023 году около 28% производства АБ приходится на компанию ПАО «Роснефть», которая в текущем году уменьшила производство на 303 тыс.т. (-2,9%). Преобладающая часть производства около 72% выпускается Уфимской группой НПЗ (~26%;+10,0% (+241 тыс. т)) , Самарской группой НПЗ (~24%;-12,0% (-330 тыс. т)), и Рязанской НПЗ (~22%;-0,3% (-7 тыс. т)).
- 21% производства АБ приходится на ПАО «ЛУКОЙЛ». В 2023 году компания увеличила производство АБ на 381 тыс.т. (+5,4%).
- 18% производства АБ приходится на компанию ПАО «Газпром нефть», которая в текущем году уменьшила производство на -35 тыс.т. (-0,5%).

# ПРОИЗВОДСТВО АВТОБЕНЗИНОВ ПО ВИДАМ В РФ

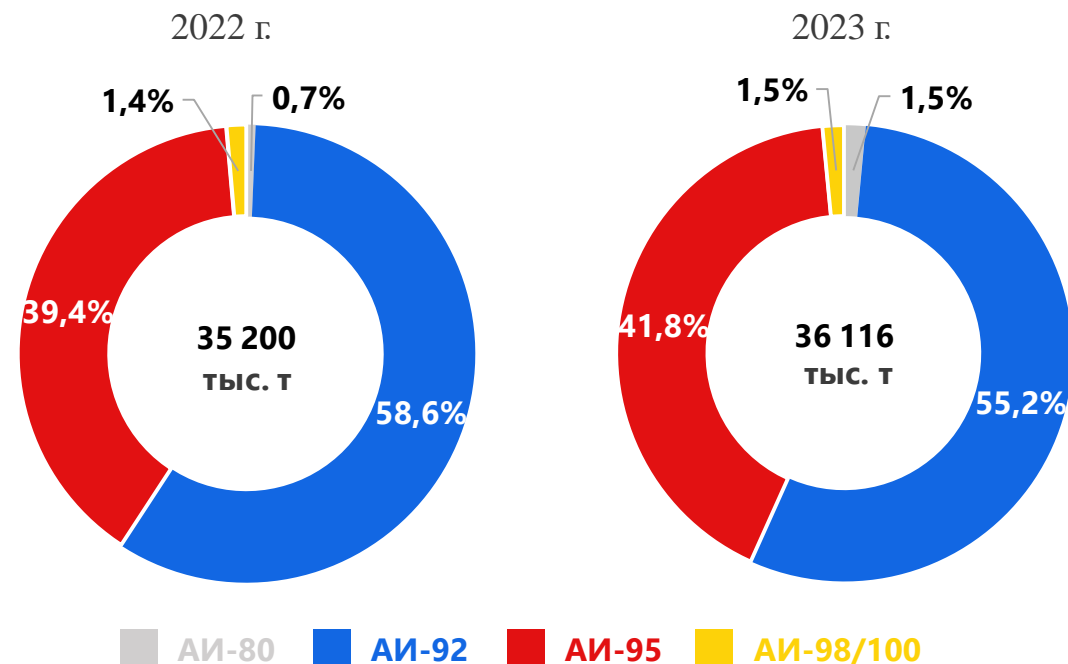
## ГОДОВАЯ ДИНАМИКА ПО ВИДАМ

Производство АИ-95 за 10 мес. 21-23 года выросло более чем на 1,9 млн. тонн.

Производство АБ по видам в РФ за янв-окт 2021- 2023гг, тыс. т.



Доли продуктов в производстве АБ в РФ, за янв-окт 2022/2023г, %



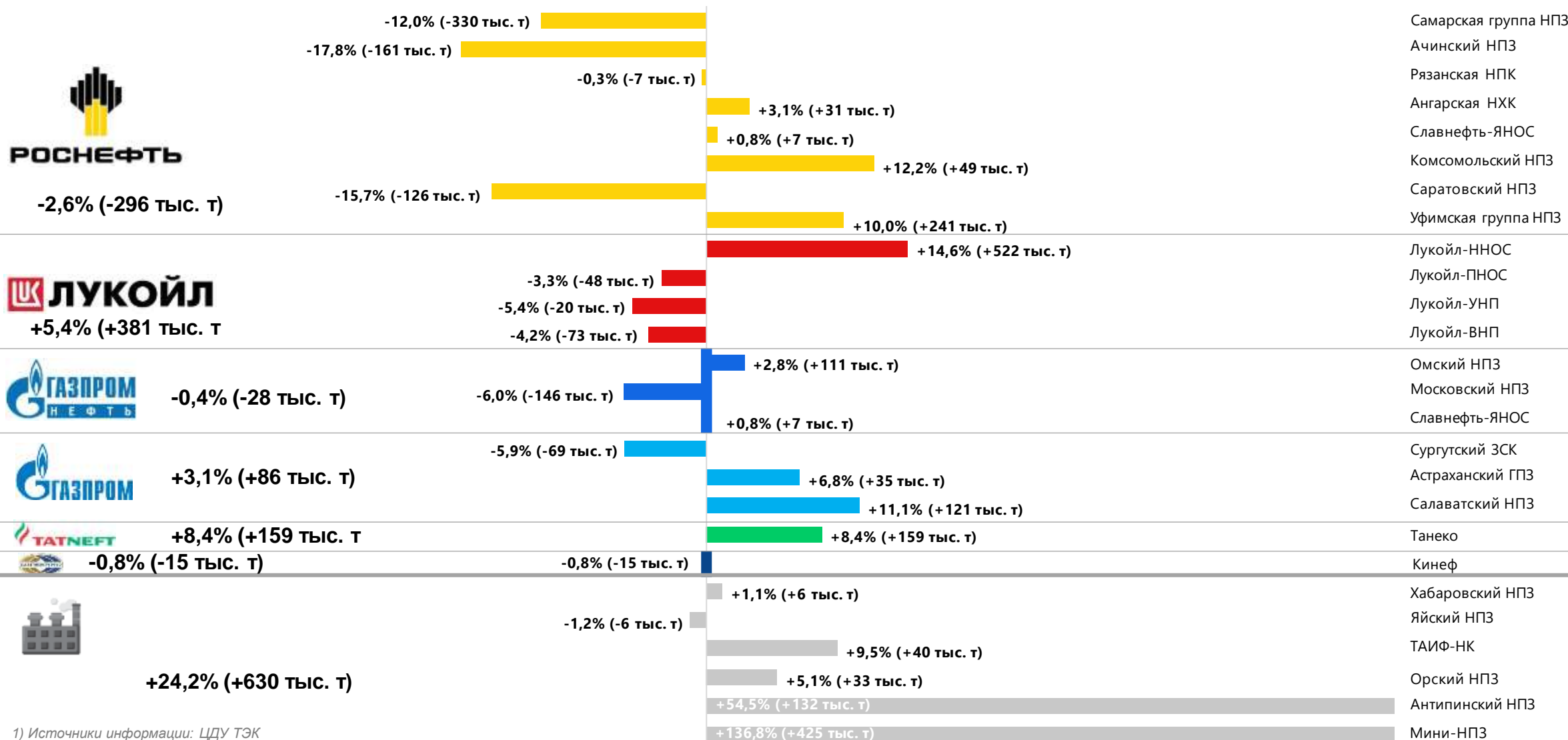
- В январе-октябре 2023 года снижение производства АИ-92 составило -3,3% (-673 тыс. т). Производство АИ-95 за прошедшие 10 месяцев выросло на +8,8% (+1226 тыс. т), а в сравнении с аналогичным периодом 2021 рост составил более +14,5% (+1 912 тыс. т). Динамика производства всего АБ за период 2021-2023 повысилась на +7,7% (+2 574 тыс.т.)

- Наибольшую долю в производстве по виду занимает АИ-92, которая составляет около 55,2%. При этом с 2021-го доля АИ-92 упала на -3,8 п.п. с 59,0%, за счёт роста доли АИ-95, которая выросла с 39,3% до 41,8%. Доля АИ-98/100 за последние 2 года стабильно держится на уровне 1,4-1,5%.
- На +0,8 п.п. выросла доля АИ-80 (+401%;+436 тыс. т). Из них 364 тыс. т. (66,8% от общего объёма) ушло на экспорт. 80,3% экспорта пришлось на Узбекистан (43,7%; 159,2 тыс. т) и Афганистан (36,6%; 133,3 тыс. т).

# ИЗМЕНЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВА АВТОБЕНЗИНОВ

СРАВНЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВА ПО НПЗ за 10 мес. 2023/2022 гг.

За 10 мес. 2023 год Мини-НПЗ увеличили производство АБ почти на 137% (+425 тыс. тонн)

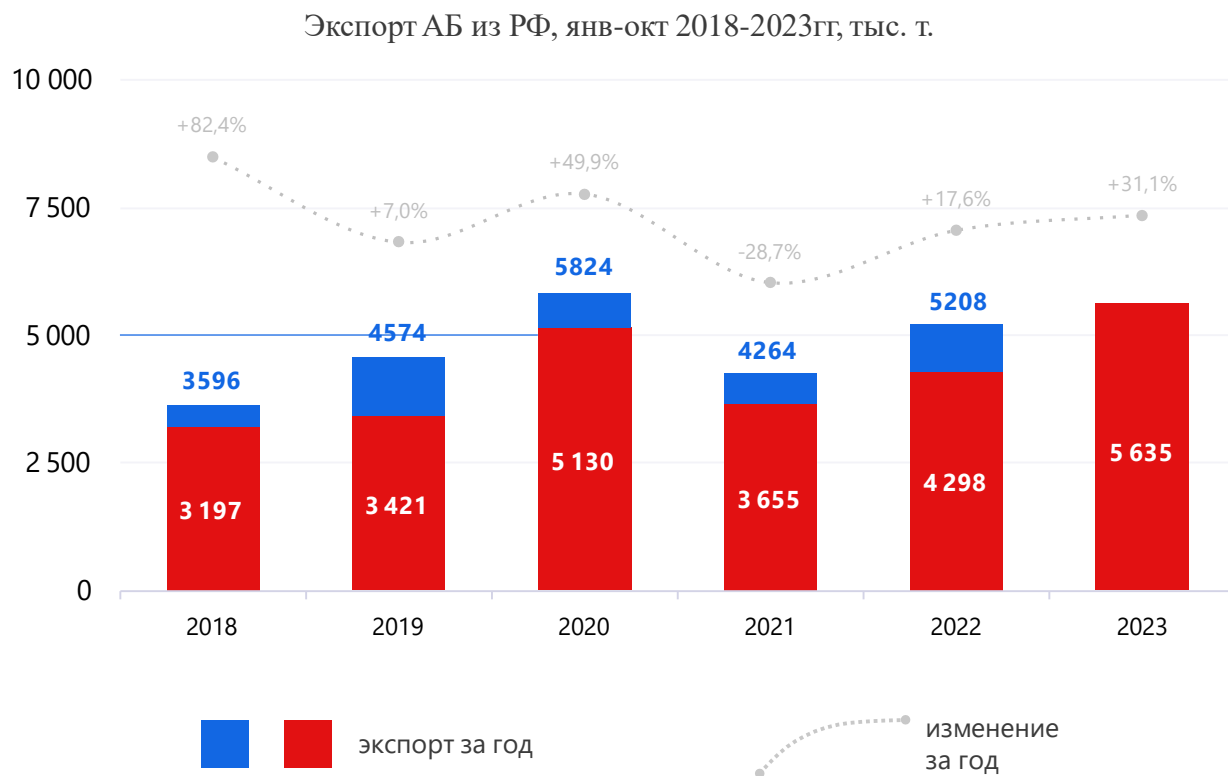


1) Источники информации: ЦДУ ТЭК

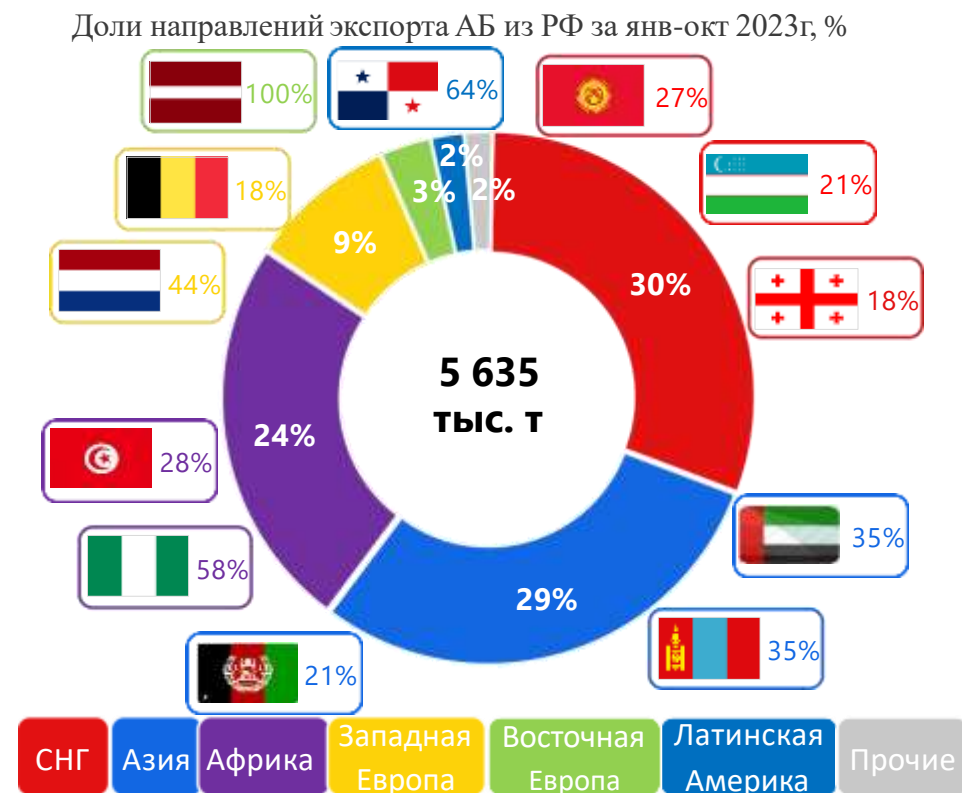
# ЭКСПОРТ АВТОБЕНЗИНОВ

## ДИНАМИКА ЭКСПОРТА И ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ

Объем экспорта автобензинов за исследуемый период сохраняет существенную тенденцию к росту



- По итогам 10 месяцев 2023 года рост экспорта автобензинов равняется +31,1%.
- Основное увеличение объемов экспорта приходится на Азиатское направление на +161% или +1 024 тыс. т. За отчетный период мы наблюдаем рост поставок АБ в СНГ на +18% (+259 тыс. т.).



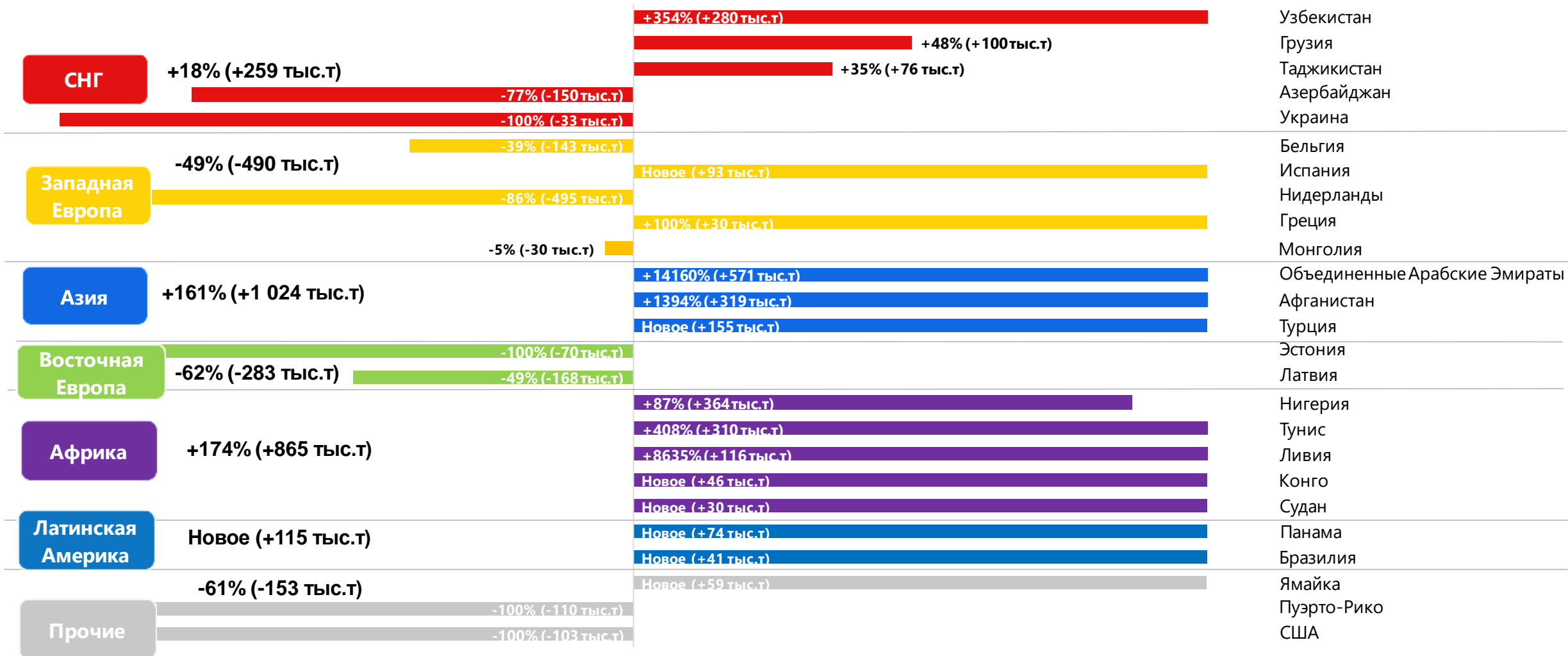
- За период янв-окт 2023 года страны СНГ получили около 1 717 тыс. тонн АБ. Доля за аналогичный период прошлого года экспорта в данном направлении уменьшилась на -3,5 п.п. .
- Экспорт АБ в страны Африки составил 1 362 тыс. т. и его объем вырос на +174% (+865 тыс. т.)
- Страны Западной Европы за исследуемый период импортировали АБ в объеме 508 тыс. тонн при уменьшении объема на -48%, в первую очередь за счет значительного снижения поставок в Нидерланды (-86%; -495 тыс. т.).

1) Источники информации: ТН ВЭД.  
2) СНГ – страны, входящие в СНГ до 9 октября 2008 года, включая Грузию и Украину, а также Абхазия и Южная Осетия.

# ИЗМЕНЕНИЕ ЭКСПОРТА АВТОБЕНЗИНОВ

СРАВНЕНИЕ ЭКСПОРТА ПО СТРАНАМ И ОСНОВНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ янв-окт 2023/2022 гг.

## Россия открывает новые направления для экспорта автобензинов



1) Источники информации: ТН ВЭД.

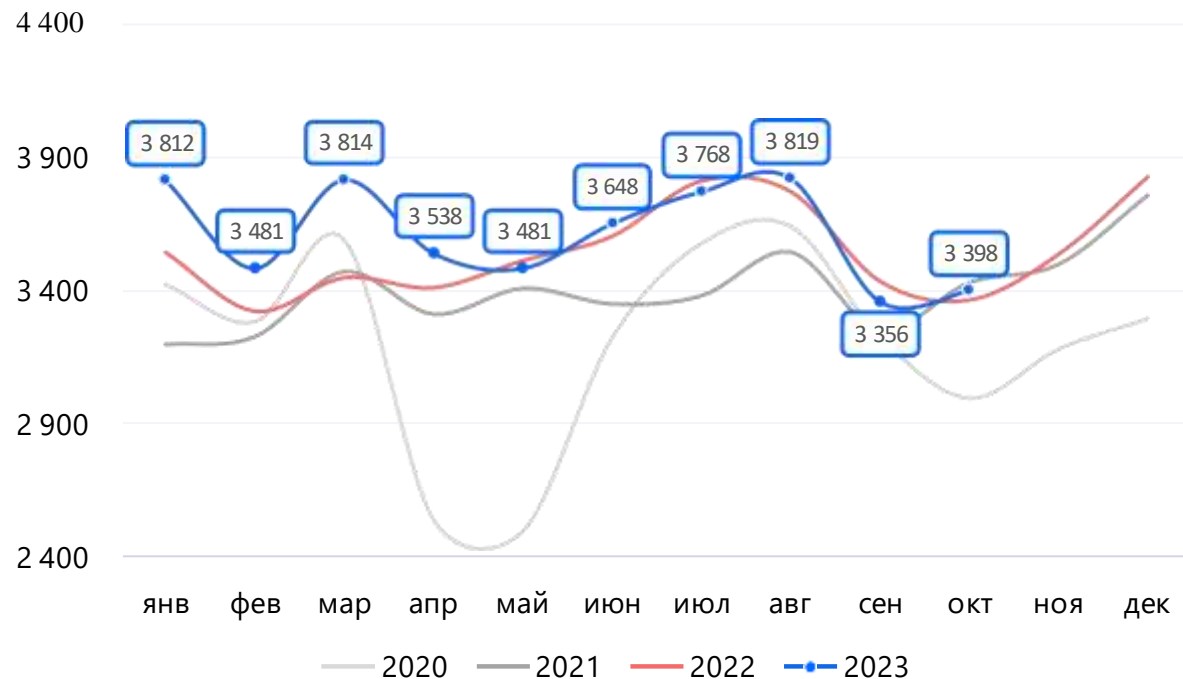
2) СНГ – страны, входящие в СНГ до 9 октября 2008 года, включая Грузию и Украину, а также Абхазия и Южная Осетия.

# ДИНАМИКА ПРОИЗВОДСТВА И ЭКСПОРТА АВТОБЕНЗИНОВ

## ПОМЕСЯЧНАЯ ДИНАМИКА

Россия наращивает экспорт бензинов в страны Африки, СНГ и Азиатский регион : Киргизия, ОАЭ, Нигерия, Тунис.

Динамика производства АБ в РФ, 2020-2023гг, тыс. т.



Динамика экспорта АБ из РФ, 2020-2023гг, тыс. т.



- За янв-окт 2023 произведено на +2,6% больше, чем за аналогичный период 2022 (36.1 млн. т против 35,2 млн т в 2022).
- За янв-окт 2023 года среднемесячный объем производства составил 3 612 тыс. т., что выше показателей прошлого года (3 520 тыс. т.) на 2,6%.

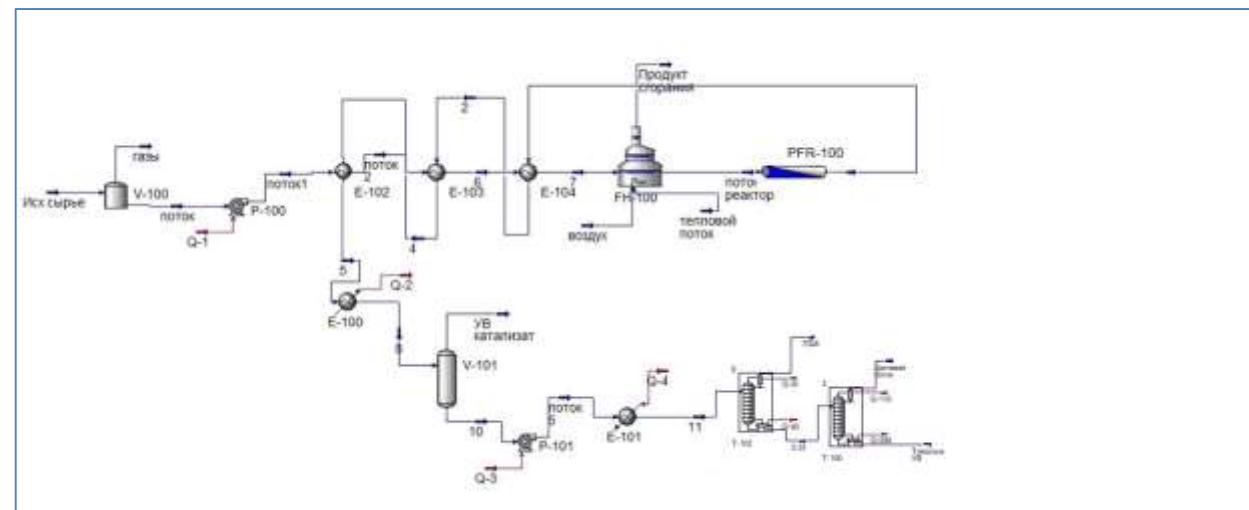
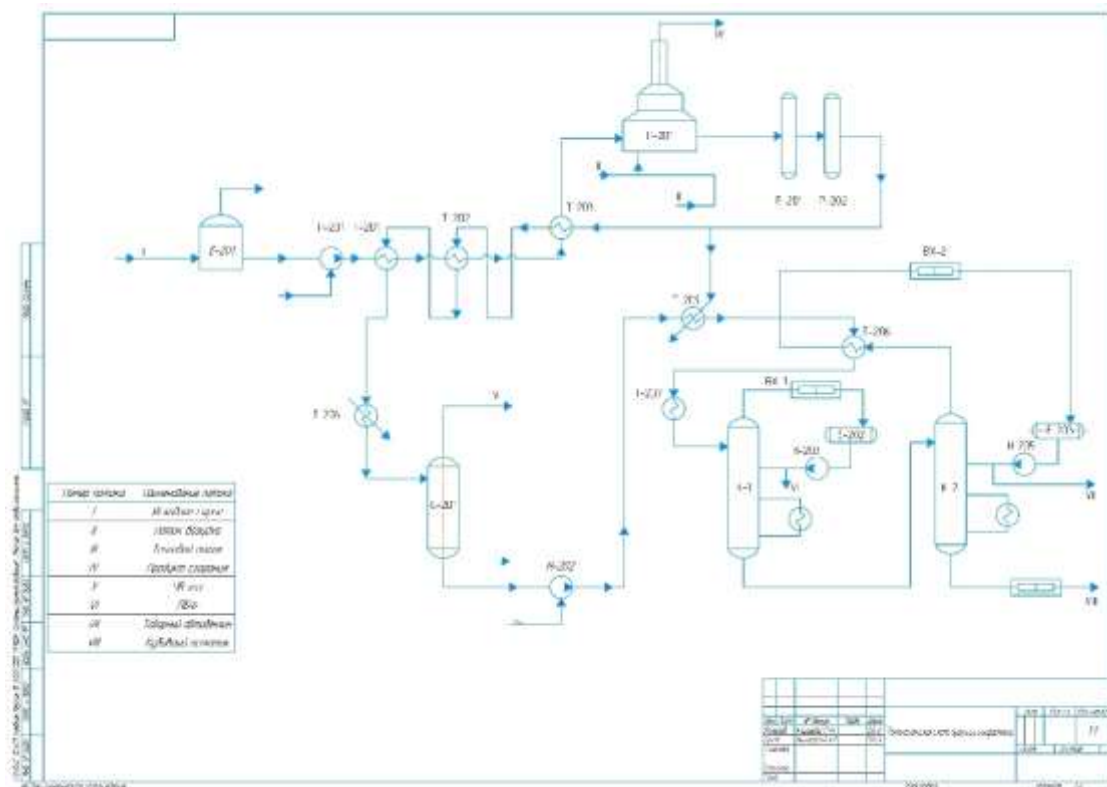


# Конкурененты

---

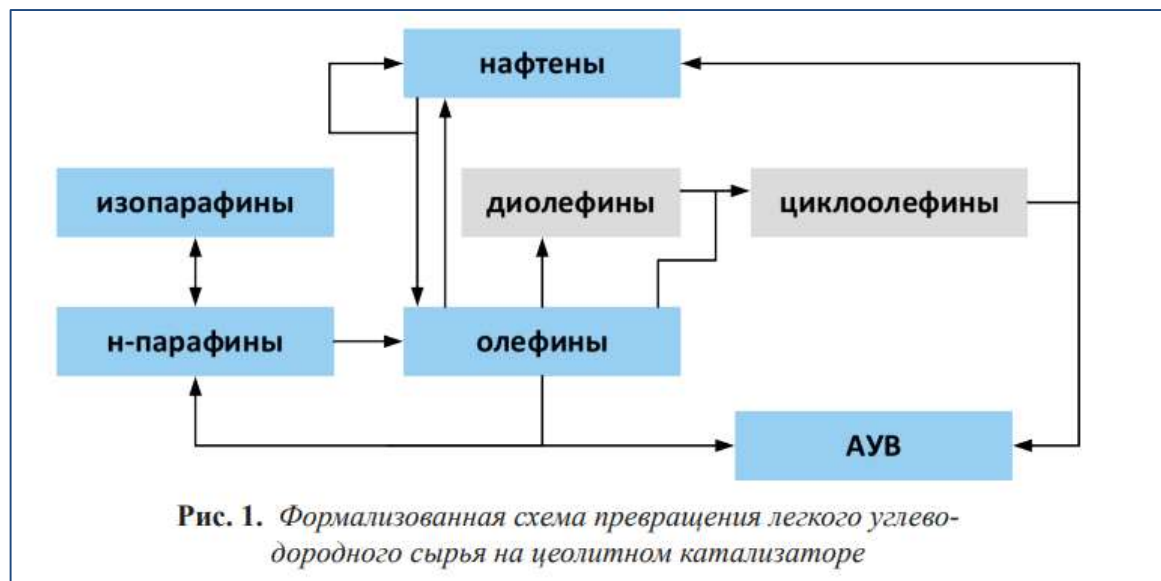
1. Установка цеоформинга Нижневартовского ГПЗ (5 тыс.т/г) г. Нижневартовск, Россия. 1992 г.  
Сырье: стабильный газовый бензин.  
Целевая продукция: автобензин АИ-80.
2. Установка цеоформинга НПЗ «Glimar Refinery» (40 тыс.т/г) г. Горлице, Польша. 1997 г.  
Сырье: прямогонный бензин различных нефтей.  
Целевая продукция: автобензин Eurosuper-95, сжиженный газ.
3. Установка цеоформинга ОАО "Сосногорский ГПЗ" (30 тыс.т/г) г. Сосногорск, Россия. 1998 г.  
Сырье: прямогонные бензиновые фракции газовых конденсатов.  
Целевая продукция: автобензин АИ-80.
4. Установка цеоформинга "Virtuoz" Ltd. (30 тыс.т/г). АО «Азот», г. Рустави, Грузия. 2002 г. Сырье: прямогонные бензины и углеводородные фракции различного происхождения, выкипающие в пределах 30-250.  
Целевая продукция: автобензины от АИ-80 до АИ-95, сжиженный газ СПБТ
5. В настоящее время «Цеосит» участвует в создании установок «Цеоформинг»:
  - установка относительно крупной производительности (520 тыс. тонн в год) в Саудовской Аравии;
  - установка производительностью 50 тыс. тонн в год в Белоруссии;
  - установка производительностью 30 тыс. тонн в год в России (Кемеровская область).

# ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА ПРОЦЕССА «ЦЕОФОРМИНГ»



# ХИМИЗМ ПРОЦЕССА ЦЕОФОРМИНГ

Тип реакции	Количество реакций
Изомеризация парафиновых углеводородов	51
Крекинг парафиновых углеводородов с образованием олефинов	28
Перераспределение водорода в олефинах с образованием АУВ и н-парафинов	600
Перераспределение водорода в олефинах с образованием диолефинов	4
Дисновый синтез с образованием циклоолефинов	7
Перераспределение водорода в циклоолефинах с образованием нафтенов и АУВ	7
Алкилирование с образованием нафтенов из олефинов	21
Крекинг нафтенов с образованием олефинов и нафтенов	3



№	Reaction	$K_{\text{direct}}, \text{h}^{-1}$	$E_a, \text{kJ/mole}$
1	Hexane $\leftrightarrow$ 2 – methylpentane	6	15
2	2 – methylpentane $\leftrightarrow$ 3 – methylpentane	6	20
3	Hexane $\leftrightarrow$ Hexene + H <sub>2</sub>	6	30
4	Hexene $\leftrightarrow$ Cyclohexane	15	50
5	Cyclohexane $\leftrightarrow$ Benzene + H <sub>2</sub>	3	40
6	2 – methylpentane $\leftrightarrow$ 2 – methylpentene	3	40
7	2 – methylpentene $\leftrightarrow$ Methylcyclopentane	15	50
8	Methylcyclopentane $\leftrightarrow$ Benzene + H <sub>2</sub>	3	40
9	Hexane $\rightarrow$ Propane + Propene	0.58	16
10	Benzene + Ethylene $\leftrightarrow$ Ethylbenzene	6	20

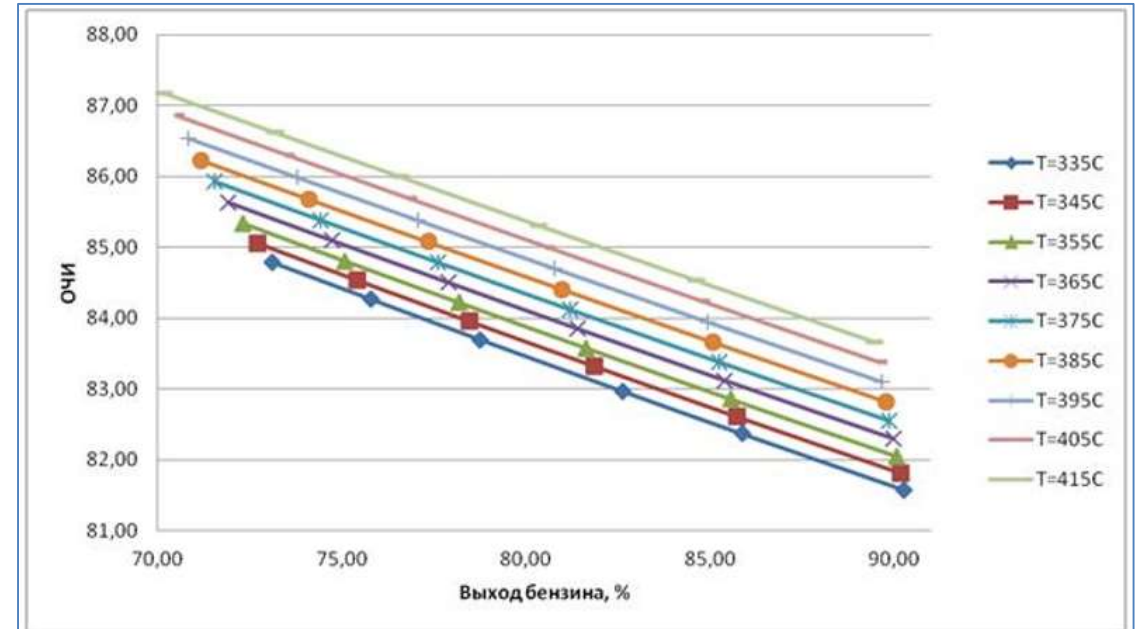
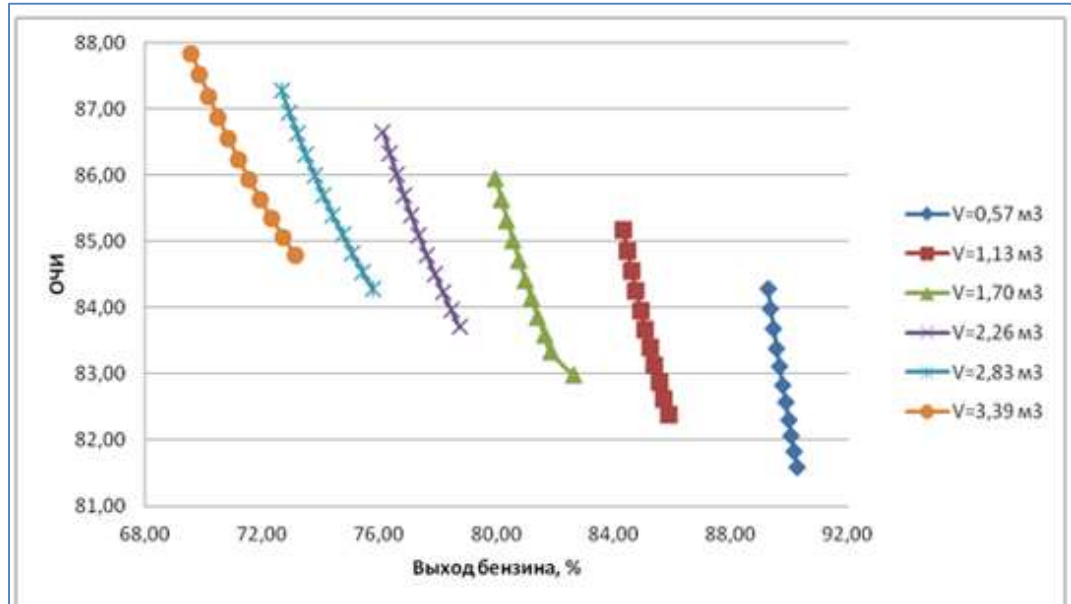
# ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ПРОЦЕССА

## Материальный баланс

- Температура:
  - начальная — 320...330°C;
  - конечная — 450...460 °С.
- Давление — 0,5...1,5 Мпа;
- Весовая скорость подачи сырья — 1...4 ч<sup>-1</sup>

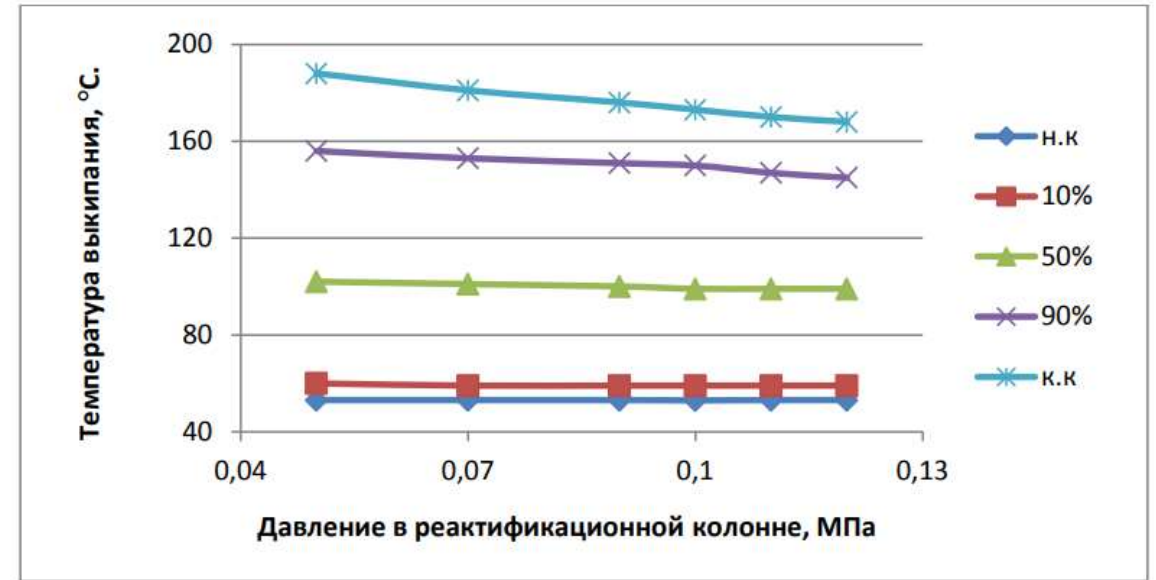
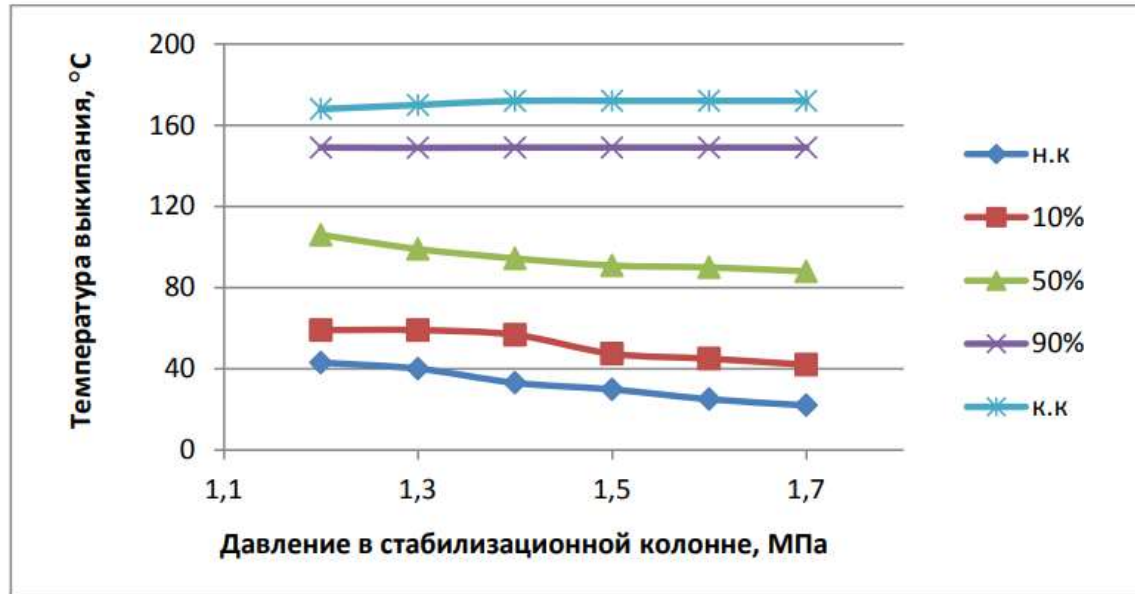
№	Режим производства	АИ-92 летнего вида		
	Показатель	% масс.	кг/ч	т/Г
	Подано:			
1	Сырье - прямогонный бензин	100	9057,971014	72463,76812
	Итого:	100	9057,971014	72463,76812
	Получено:			
1	1 Углеводородные газы	3,6	326,0869565	2608,695652
	в т. ч:			
1.1	1.1 углеводородные газы сепарации	2,6	235,5072464	1884,057971
1.2	1.2 углеводородные газы стабилизации	1	90,57971014	724,6376812
2	2 Сжиженный газ СПБТ	32,1	2907,608696	23260,86957
3	3 Бензин АИ-92	62,1	5625	45000
4	4 Тяжелая фракция (фр. >200°C)	1,7	153,9855072	1231,884058
5	5 Потери + кокс (0,11%)	0,5	45,28985507	362,3188406
	Итого	100	9057,971014	72463,76812

# МОДЕЛИРОВАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ РЕАКТОРНОГО БЛОКА



Из рисунков следует, что при увеличении объема реактора и температуры процесса, выход бензиновой фракции уменьшается, а ОЧИ возрастает. Следовательно, для графического построения выбрали реактор, обладающий средними целевыми характеристиками. Этот реактор имеет реакционный объем  $V = 1,70 \text{ м}^3$ , геометрические размеры: длина  $L = 6 \text{ м}$ , диаметр  $D = 0,6 \text{ м}$ .

# МОДЕЛИРОВАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ УЗЛА ФРАКЦИОНИРОВАНИЯ



Повышение давления в колонне стабилизации приводит к изменению фракционного состава товарного бензина, а именно к снижению температуры начала кипения и температур выкипания 10% и 50% объемных.

Повышение давления в колонне ректификации ведет к снижению. Температуры конца кипения бензина и выкипания 90% объемных.

# ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ

Наименование показателя	Значение
1. Показатели эффективности с точки зрения предпринимателя	
1.1. Чистая прибыль, млн. руб/год.....	1338602,74
1.2. Срок окупаемости капиталовложений, лет.....	3
1.3. Удельные капиталовложения в Проект, руб / (т мощности).....	302986,15
1.4. Выход готовой продукции на сырьё, %.....	262698,37
1.5. Объём инвестиций, млн. руб.....	2386912,73
1.6. Объём кредита, млн. руб.....	2386912,73
2. Показатели эффективности с позиций региональной экономики	
2.1. Прирост количества рабочих мест.....	946486,78
2.2. Наполнение регионального бюджета, млн. \$/год.....	52125,59
2.3. Сокращение оттока денежных средств, млн. \$/год.....	551887,337
2.4. Укрепление энергетической независимости по моторным и котельным топливам	полная
3. Показатели эффективности с позиций федеральной экономики	
3.1. Сокращение дотаций в адрес региона.....	Полное
3.2. Оздоровление экономики в регионе.....	-
3.3. Снижение социальной напряжённости	-
3.4. Наполнение федерального бюджета, млн. руб./год.....	455031,1

# КОНТАКТЫ

Try trial for free



[karaevajunel@gmail.com](mailto:karaevajunel@gmail.com)



+7 993 135-12-63

