



**РОСНЕФТЬ**

**Имитационная модель  
процесса  
компаундирования  
товарных бензинов**

**Е.С. Головина, И.Н. Хаймович**

**АО «Самаранефтехимпроект», Самарский  
национальный исследовательский университет  
имени академика С.П. Королева**

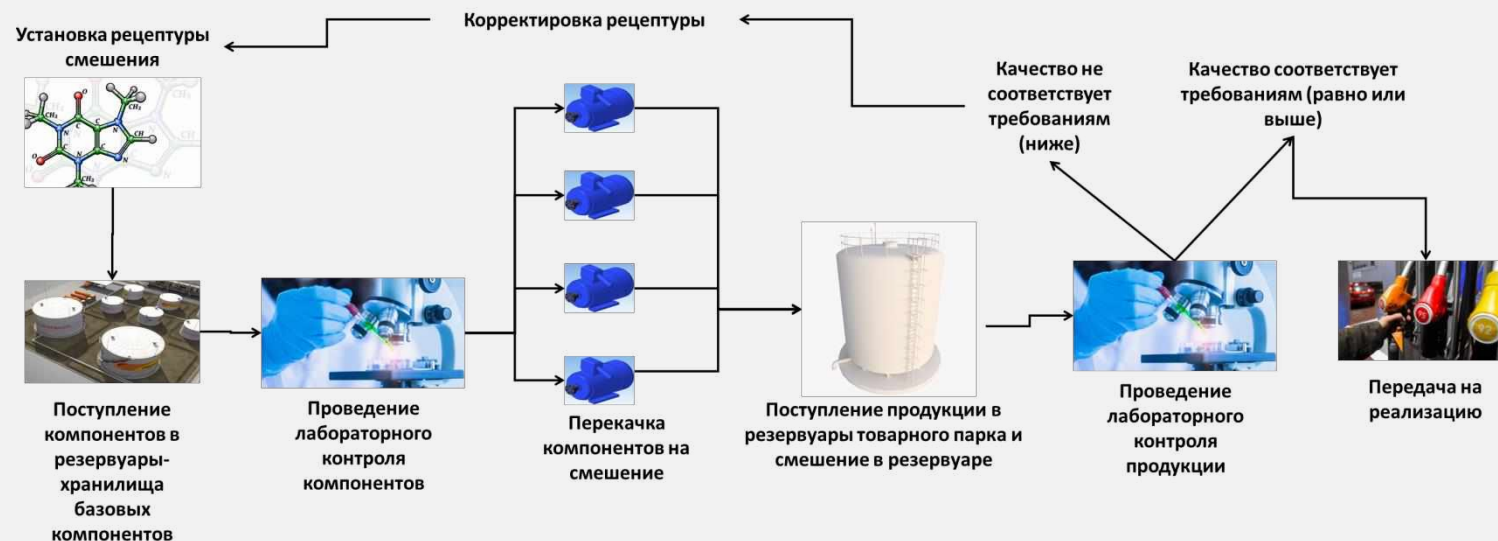
**III международная конференция Метрологическое обеспечение инновационных технологий» «Metrological Support of Innovative Technologies» ICMSIT-III 2022  
Секция «Измерения в машиностроении и в системах автоматизации технологических процессов», 3-5 марта 2022, Красноярск – Санкт-Петербург**

# Актуальность

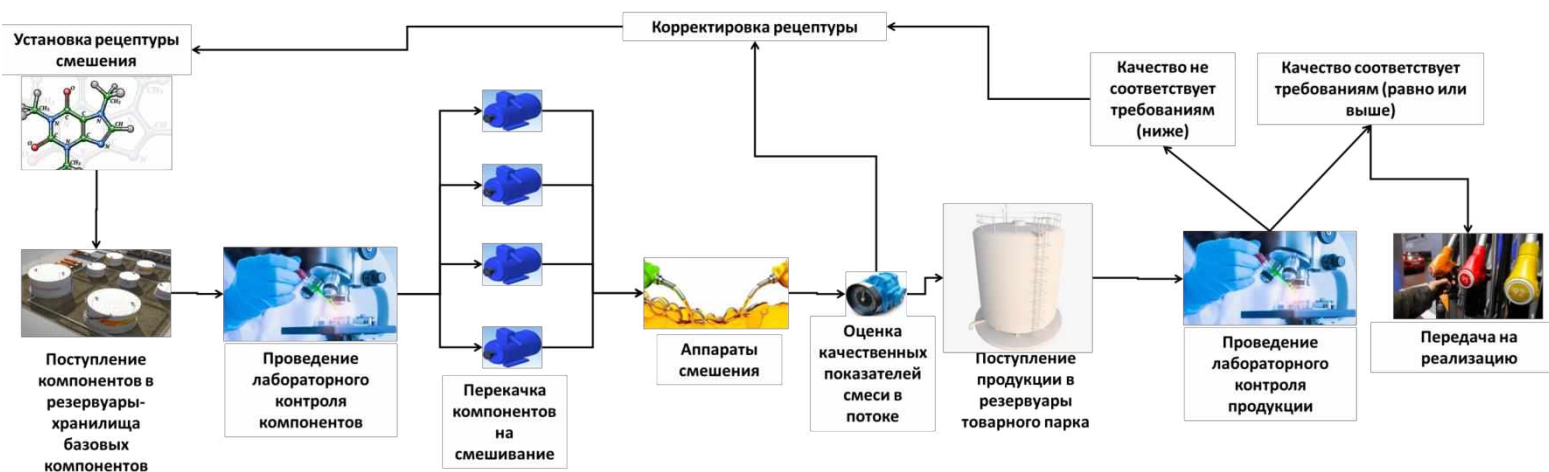
- **Компаундирование товарных бензинов** – важная завершающая стадия всей технологической цепочки производства нефтеперерабатывающего завода (НПЗ)
- **Цель построения имитационной модели процесса компаундирования** – исследование влияния выбора технологического процесса и параметров насосного оборудования, а также максимизация условной прибыли предприятия
- **Задача моделирования:**
  - Определить параметры оптимального выбора между циркуляционным методом смешения и методом поточного смешения
  - Определить оптимальный выбор производительности насосного оборудования
  - Максимизировать условную доходность предприятия

# Технологические процессы

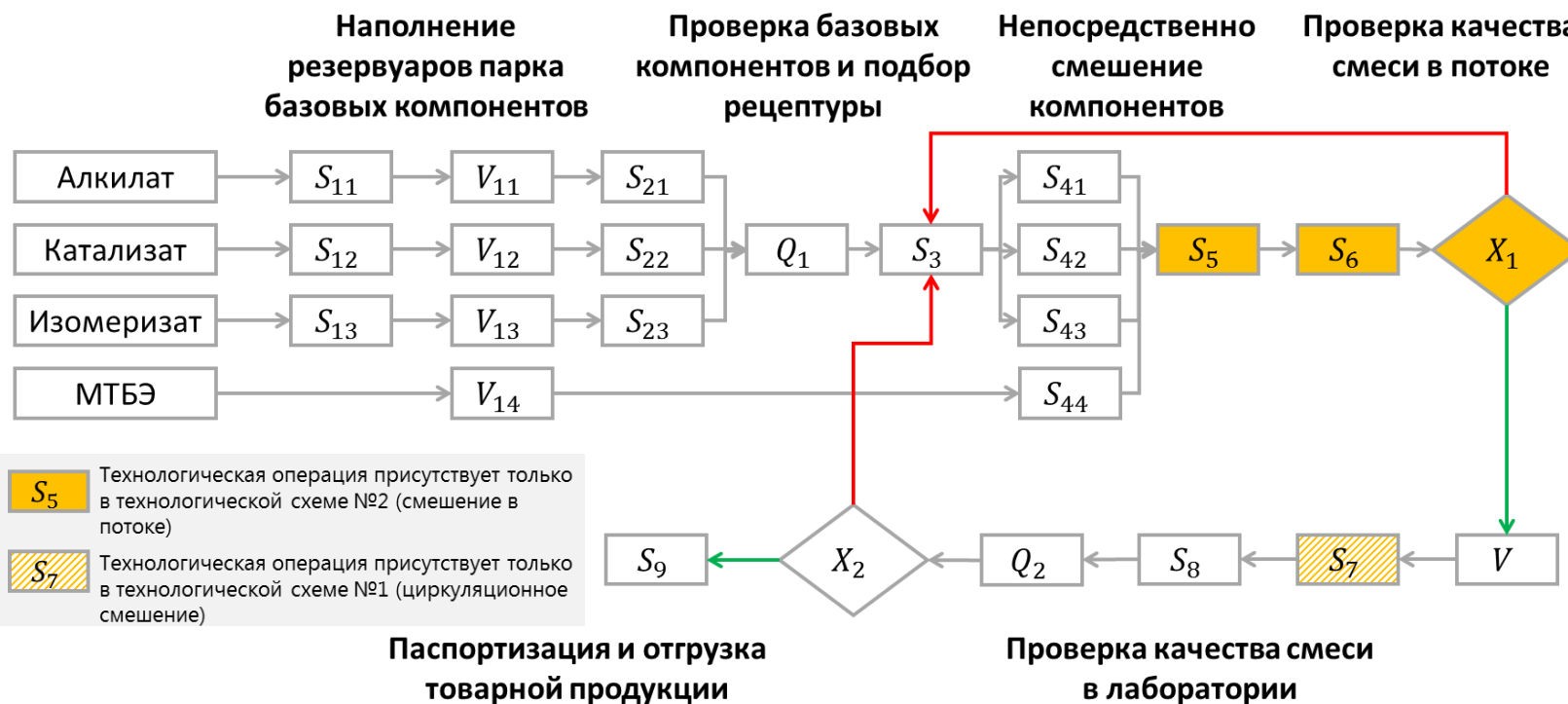
- В работе рассматривается две принципиальные схемы технологического процесса компаундирования:
- №1 – стандартная схема с циркуляционным смешением



- №2 - схема с применением поточного смешения и поточных анализаторов качества продукции. Особенность схемы – корректировка рецептуры смешения в процессе компаундирования, а не по факту его завершения



# Концептуальная модель



$S_{11}-S_{13}$  – налив резервуаров хранения базовых компонентов

$V_{11}-V_{14}$  – резервуары хранения базовых компонентов

$S_{21}-S_{23}$  – взятие проб из резервуаров базовых компонентов

$Q_1, Q_2$  – проведение анализов в лаборатории

$S_3$  – подбор/корректировка рецептуры смешения

$S_{41}-S_{44}$  – перекачка базовых компонентов в смеситель/резервуар товарной продукции

$X_1-X_2$  – сопоставление показателей с эталонными величинами

$S_7$  – дополнительное перемешивание смеси в резервуаре готовой продукции

$S_8$  – взятие проб из резервуара готовой продукции

$S_9$  – паспортизация и отгрузка

- Взаимодействие оптимизационной и имитационной модели – последовательное выполнение прогонов имитационной модели с различными значениями параметров
- Изменяемый параметр в модели – параметры применяемых насосов (все возможные сочетания из трех вариантов насосов из модельного ряда)
- Целевая функция оптимизационной модели** – отношение разности стоимости товарной продукции и понесенных затрат на компоненты и электроэнергию, нормированное на итоговый объем товарной продукции и время её приготовления

# Предположения и допущения

- Число базовых компонентов принято равным 4
- Итоговые затраты рассматриваются по упрощенной технологической цепочке – от однократного налива резервуара хранения базовых компонентов до отгрузки товарной продукции
- Для имитации технологической схемы №1 принято: по результатам компаундирования требуется добавление от 2,5% до 4% от объема резервуара товарной продукции изомеризата. Точный процент добавления выбирается случайным образом
- Для имитации корректировки рецептуры при реализации технологической схемы №2 принято: на каждом шаге объем базовых компонентов, поступающих в смеситель, меняется в пределах от 97% до 103%, при этом суммарный объем более дорогостоящих продуктов уменьшается 1,5%-3%, а более дешевых компонентов – увеличивается на 1,5%-6%. Проценты выбираются случайным образом
- Пересчет мощности насоса при уменьшении подачи не производится

- Принятые в модели условные стоимости (руб/м<sup>3</sup>):

Алкилат	21 520
Изомеризат	26 055
Катализат	24 515
МТБЭ	47 374
АИ-92-К5	43 200
АИ-95-К5	45 000

- Стоимость электроэнергии принята равной 4,5руб/кВтч
- Применяемый модельный ряд насосов:

Марка	Подача, м <sup>3</sup> /ч	Мощность, кВт
Марка №1	80	45
Марка №2	160	85
Марка №3	268	109,4

- Условная рецептура смешения, в % объема:

Марка бензина	Алкилат	Изомеризат	Катализат	МТБЭ
АИ-92-К5	5	24	71	0
АИ-95-К5	15	10	69	6

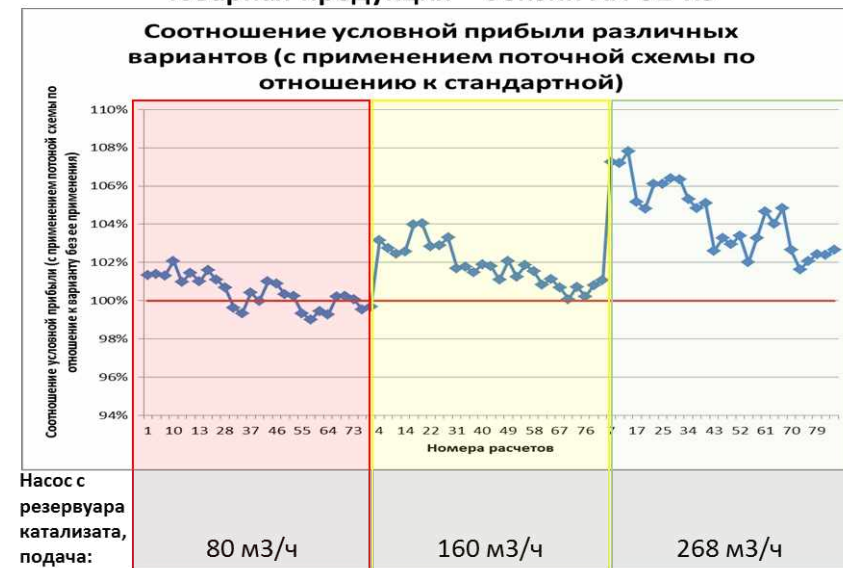
- Объем резервуара готовой продукции = 2000 м<sup>3</sup>

# Результат работы оптимизационной модели

- Модель для каждого набора была рассчитана 5 раз с последующим осреднением результатов
- Основной вклад в изменение результатов дает выбор насоса для подачи с резервуара катализата, поскольку объем данного компонента в смеси – максимальный
- Оптимальный вариант – применение технологической схемы №2
- Второе по важности влияние оказывает выбор подачи насоса с резервуара алкилата
- Определено, что наибольшая условная прибыль предприятия достигается при применении технологической схемы №2
- Насосное оборудование для максимизации условной прибыли предприятия: подача насоса с резервуара катализата – максимальная, существенное влияние выбор насосного оборудования на остальных резервуарах не оказывает

№ п/п	Товарный бензин	Насос с/на резервуар Алкилата, подача, м3/ч	Насос с/на резервуар Изомеризата, подача, м3/ч	Насос с/на резервуар Катализата, подача, м3/ч	Насос с резервуара МТБЭ, подача, м3/ч	Условная прибыль при применении технологической схемы №1 (циркуляционное смешение), руб/м3/мин	Условная прибыль при применении технологической схемы №2 (поточное смешение), руб/м3/мин	Соотношение условной прибыли (от тех.схемы №2 по отношению к тех.схеме №1), %
1	АИ-92	80	268	268	268	19,97	21,23	106%
2	АИ-92	268	160	268	80	20,66	21,21	103%
3	АИ-92	268	268	268	80	20,68	21,18	102%
4	АИ-92	268	268	268	160	20,68	21,17	102%
5	АИ-95	160	80	268	160	22,06	22,88	104%
6	АИ-95	80	80	268	160	21,38	22,81	107%
7	АИ-95	268	160	268	160	22,22	22,81	103%
8	АИ-95	80	80	268	80	21,35	22,80	107%

Товарная продукция – бензин АИ-92-К5



Товарная продукция – бензин АИ-95-К5



## Выводы

- Разработана имитационная и оптимизационная модели процесса компаундирования товарных бензинов
- Обоснован вариант предпочтительного применения поточной схемы смешения (технологической схемы №2)
- Обоснован выбор насосного оборудования для максимизации условной прибыли предприятия: подача насоса с резервуара катализата – максимальная, существенное влияние выбор насосного оборудования на остальные резервуары не оказывает
- Имитационная и оптимизационные модели выполнены в формате расчетных автоматизированных модулей в MS Excel и пригодны для дальнейшего применения при необходимости изменения входных параметров



**РОСНЕФТЬ**

**СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!**





**РОСНЕФТЬ**

**АО «Самаранефтехимпроект»**

По всем возникающим вопросам просьба общаться к  
**Головиной Евгении Сергеевне**

по адресу электронной почты: **[GolovinaES@snhp.rosneft.ru](mailto:GolovinaES@snhp.rosneft.ru)**