

## **Оптимизация выбора рецептуры компонент для процесса компаундирования компонентов при производстве товарных бензинов**

*Шишов Рихард Игоревич*

*Комсомольский-на-Амуре государственный университет  
студент*

*Григорьев Ян Юрьевич*

*Комсомольский-на-Амуре государственный университет  
кандидат физико-математических наук, доцент, декан факультета  
компьютерных технологий*

### **Аннотация**

В работе рассматривается процесс выбора оптимальной рецептуры компонент для компаундирования товарных бензинов на нефтеперерабатывающем предприятии. Рассматривается оптимизация этого процесса путём разработки математической модели, с целью удешевления себестоимости производства готового продукта без потери качества. На языке программирования C# было написано специальное программное обеспечение, автоматизирующее необходимые расчёты математической модели, для специалистов предприятия.

**Ключевые слова:** рецептуры компонент, оптимизация выбора, производство, процесс компаундирования, программное обеспечение.

### **Optimizing the selection of components for the process compounding of components in the production of marketable gasolines**

*Shishov Rikhard Igorevich*

*Komsomolsk-on-Amur State Technical University  
Student*

*Grigoriev Jan Yurevich*

*Komsomolsk-on-Amur State Technical University  
PhD in Physics and Mathematics, Associate Professor*

### **Abstract**

The paper discusses the process of selecting the optimal formulation of components for compounding commodity gasolines at an oil refining enterprise. The optimization of this process is considered by developing a mathematical model, with the aim of reducing the cost of production of a finished product without loss of quality. In the programming language C #, special software was written that automates the necessary calculations of the mathematical model for the company's specialists.

**Keywords:** compounding components, selection optimization, manufacturing, compounding process, software.

На сегодняшний день перед отечественными нефтеперерабатывающими предприятиями стоит задача повышения эффективности переработки нефти и выпуска качественных товарных продуктов, в частности автомобильных бензинов неэтилированных марок АИ-92, АИ-95, АИ-98.

По составу бензины представляют собой смесь компонентов, являющихся результатом технологических процессов, таких как: прямая перегонка обессоленной и обезвоженной нефти, предварительное фракционирование прямогонного бензина, каталитическое гидрогенизационное облагораживание, каталитическая ароматизация, каталитический риформинг, изомеризация, деизогексанизация. Компонентный состав бензина зависит, в основном, от его марки и определяется набором технологических установок нефтеперерабатывающего завода. Получаемые компоненты загружаются в резервуарные парки для хранения перед производством. В качестве примера на рисунке 1 представлены процессы и получаемые из них компоненты, которые используются для производства бензинов на ООО «РН-Комсомольском НПЗ».

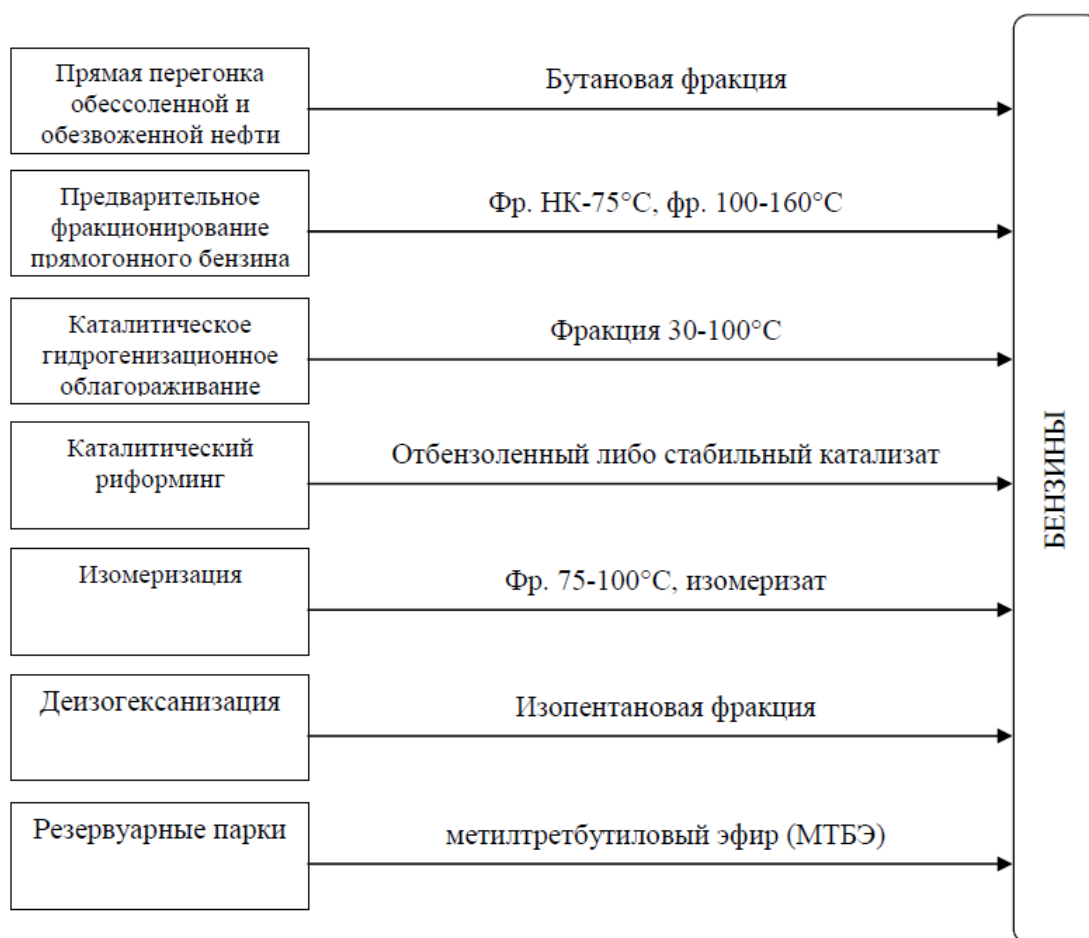


Рисунок 1 – Процессы и компоненты, используемые для изготовления автомобильных бензинов

Компонентные составы автомобильных бензинов различных марок, в соответствии с действующей технологией производства на ООО «РН-Комсомольском НПЗ», приведены в таблице 1 [1-3].

Таблица 1 – Компонентные составы автомобильных бензинов, %

Компонент	АИ-92	АИ-95	АИ-98
Бутановая фракция	0-15	0-15	0-15
Отбензоленный катализат	0-60	0-60	0-60
Изомеризат	15-35	15-35	15-35
МТБЭ	0-10	0-15	0-15
Фр. 75-100°C вырабатываемая на блоке предварительного фракционирования прямог. бензина	В количестве, обеспечивающем качество (0-100)	-	-
Фр. 30-100°C	В количестве, обеспечивающем качество (0-100)	-	-
Изопентановая фракция	0-15	0-10	0-20
Фр. 75-100°C вырабатываемая на блоке низкотемпературной изомеризации	В количестве, обеспечивающем качество (0-100)	-	-
МТБЭ	0-10	0-15	0-15

Компаундирование – это процесс смешения нескольких компонент в определенном соотношении, с целью получения нефтепродукта (товарного бензина марок АИ-92, АИ-95, АИ-98) заданного качества в соответствии с ГОСТом [4] и другими нормативными требованиями.

На рассматриваемом нефтеперерабатывающем предприятии реализована схема периодического смешения. Компоненты из резервуарных парков поочередно закачиваются в товарный резервуар в определённом соотношении, соответствующем требованиям ГОСТ 32513-2013 [4]. Такая схема обеспечивает разделение процессов компаундирования и производства, что уменьшает влияние возмущений, действующих на процесс компаундирования по количественным характеристикам потоков.

Задачей оптимизации выбора рецептуры компонент для процесса компаундирования при производстве товарных бензинов является подбор такого соотношения между имеющимися компонентами, при которых получается товарный продукт с допустимыми по ГОСТ значениями основных параметров и с минимальной себестоимостью вовлекаемых

компонент. При этом учитываются ограничения на запасы компонентов при смешивании в резервуарах, допустимые расходы компонентов, поступающих на смешение, их стоимость, план выпуска готовых продуктов.

На основе периодической схемы смешения компонент нефтеперерабатывающего предприятия была разработана математическая модель, состоящая из системы уравнений (ограничений), описанных ниже.

Используемые обозначения в математической модели:

$a_{ij}$  – Объем  $i$  – го компонента  $j$  – го типа бензина;

$c_{ij}$  – Стоимость единицы  $i$  – ого компонента  $j$  – го типа бензина;

$V_j$  – Плановый объем производимого  $j$  – го типа бензина;

$T_i$  – Текущий объем  $i$  – ого компонента в резервуарном парке;

$q_{ij}$  – Октановое число  $i$  – го компонента  $j$  – го типа бензина;

$\rho_{i,j}$  – Плотность ( $\text{кг/м}^3$ )  $i$  – го компонента  $j$  – го типа бензина;

$P_{i,j \min}$  – Минимальный значение плотности в соответствии с ГОСТом [1] ( $\text{кг/м}^3$ )  $j$  – го типа бензина;

$P_{i,j \max}$  – Максимальный значение плотности в соответствии с ГОСТом [1] ( $\text{кг/м}^3$ )  $j$  – го типа бензина;

$d_{i,j}$  – Давление насыщенных паров (кПа)  $i$  – го компонента  $j$  – го типа бензина;

$D_{i,j \min}$  – Минимальное значение по ГОСТу [1] давления насыщенных паров (кПа)  $j$  – го типа бензина;

$D_{i,j \max}$  – Максимальное значение по ГОСТу [1] давления насыщенных паров (кПа)  $j$  – го типа бензина;

$p_{ij \max}$  – Максимальное %-ое содержание  $i$  – го компонента в смеси в соответствии с ГОСТом [1] при приготовлении  $j$  – го типа бензина;

$p_{ij \min}$  – Минимальное %-ое содержание  $i$  – го компонента в смеси в соответствии с ГОСТом [1] при приготовлении  $j$  – го типа бензина;

$O_j$  – Октановое число  $j$  – го типа бензина;

$F$  – Функция цели критерия оптимальности.

В качестве критерия оптимизации возьмём – удешевление себестоимости готового продукта:

$$F = \sum_{i=1}^m a_{ij} * c_{ij} \rightarrow \min \quad j = 1,2,3;$$

$$\left\{ \begin{array}{l} a_{ij} \leq 0,01 * V_j * p_{ij \max} \quad i = 1, \dots, m \quad j = 1,2,3; \\ a_{ij} \geq 0,01 * V_j * p_{ij \min} \quad i = 1, \dots, m \quad j = 1,2,3; \\ a_{ij} \leq T_i \quad i = 1, \dots, m \quad j = 1,2,3; \\ \sum_{i=1}^m a_{ij} = V_j \quad j = 1,2,3; \\ \sum_{i=1}^m a_{ij} * \rho_{i,j} \leq P_{i,j \max} * V_j \quad i = 1, \dots, m \quad j = 1,2,3; \\ \sum_{i=1}^m a_{ij} * \rho_{i,j} \geq P_{i,j \min} * V_j \quad i = 1, \dots, m \quad j = 1,2,3; \\ \sum_{i=1}^m a_{ij} * \rho_{i,j} \leq D_{i,j \max} * V_j \quad i = 1, \dots, m \quad j = 1,2,3; \\ \sum_{i=1}^m a_{ij} * \rho_{i,j} \geq D_{i,j \min} * V_j \quad i = 1, \dots, m \quad j = 1,2,3; \\ \sum_{i=1}^m a_{ij} * q_{ij} = V_j * O_j \quad j = 1,2,3. \end{array} \right. \quad (1)$$

Разрабатываемая модель позволяет определять оптимальные рецептуры смешения компонентов при заданном плане объёма производства, в соответствии с требованиями ГОСТа [1] и учетом наличия либо отсутствия данных компонент в резервуарных парках. В процесс компаундирования вовлекаются наименее дорогостоящие компоненты, тем самым происходит удешевление себестоимости производимого товарного бензина.

Функция цели и система ограничений (1) являются линейными, а значит, полученная модель представляет собой задачу линейного программирования [5]. Поиск оптимального решения может осуществляться симплекс-методом. С целью автоматизации расчётов разрабатывается программное обеспечение в среде Microsoft Visual Studio на языке программирования C#. Исходные данные были получены с ООО «РН-Комсомольского НПЗ». Результат работы программы представлен на рисунке 2.

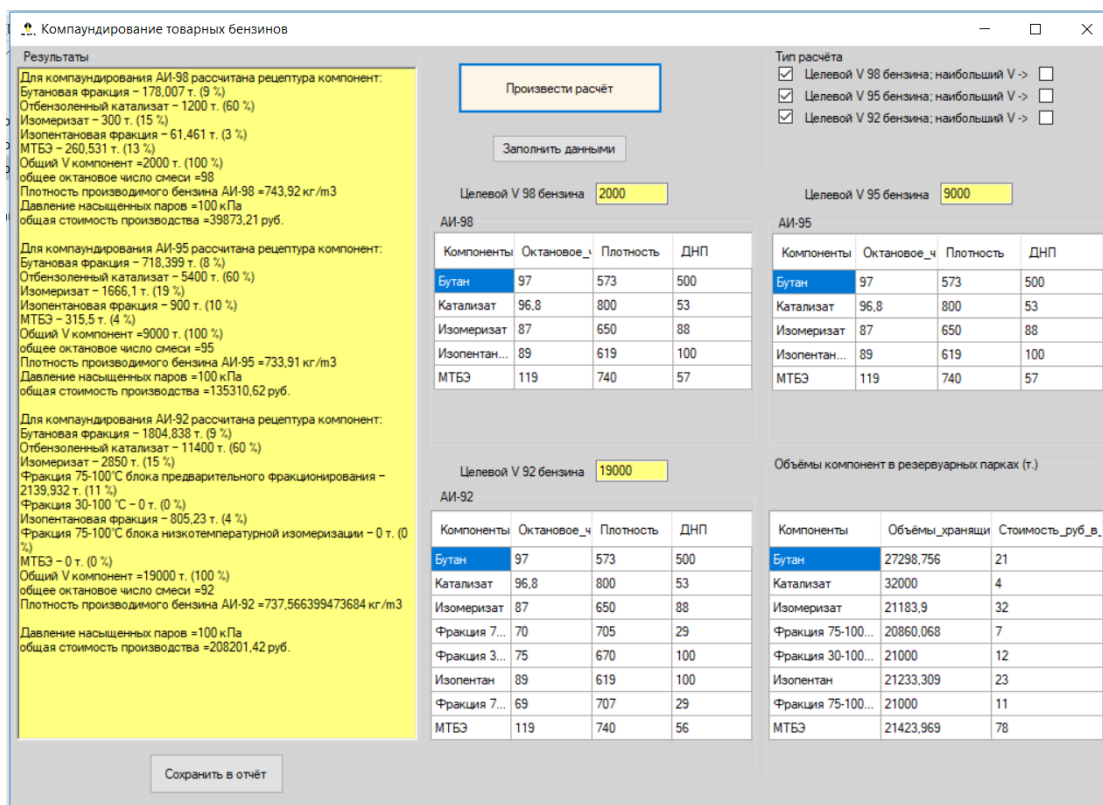


Рисунок 2 – Окно с результатом работы программы

Разрабатываемая система автоматизированного поиска оптимальных рецептур нефтепродуктов позволяет уменьшить экономические затраты на производствах, сохраняя при этом требования к качественным характеристикам продукта и заданных ограничений. Решаемая задача имеет предпосылки к дальнейшим исследованиям, а также к масштабированию разрабатываемой модели, что позволит ещё учитывать технологические особенности производства, фондовые (включая труд, время) и нацелена на получения современного конкурентно способного инструмента способного решать производственные задачи предприятия нефтеперерабатывающей отрасли, повышая эффективность и решая проблему импортозамещения [6-7].

### Библиографический список

1. Технология производства бензина неэтилированного марки АИ-92 экологических классов К3, К4, К5 по ГОСТ 32513-2013 на ООО «РН-Комсомольский НПЗ» (промышленное производство). – Введ. 2015-03-31. Комсомольск-на-Амуре : ООО «РН-Комсомольский НПЗ», 2015. 15 с.
2. Технология производства бензина неэтилированного марки АИ-95 экологических классов К3, К4, К5 по ГОСТ 32513-2013 на ООО «РН-Комсомольский НПЗ» (промышленное производство). – Введ. 2015-03-31. – Комсомольск-на-Амуре : ООО «РН-Комсомольский НПЗ», 2015. 12 с.
3. Технология производства бензина неэтилированного марки АИ-98 экологических классов К3, К4, К5 по ГОСТ 32513-2013 на ООО «РН-Комсомольский НПЗ» (промышленное производство). – Введ. 2015-03-31. – Комсомольск-на-Амуре : ООО «РН-Комсомольский НПЗ», 2015. 12 с.
4. ГОСТ 32513-2013. Топлива моторные. Бензин неэтилированный. Технические условия. Введ. 2015.01.01. М. : СТАНДАРТИНФОРМ, 2015. 12 с.
5. Лунгу К.Н. Линейное программирование. Руководство к решению задач. М.: Физматлит, 2015. 128 с.
6. Григорьев Я.Ю., Максимов С.Б., Григорьева А.Л. Разработка модульных динамических структур сопровождения деятельности организации // Мир науки, культуры, образования. 2014. №3. С. 30.
7. Сарилова О.А., Григорьева А.Л., Григорьев Я.Ю. Факторная модель как метод оценки вклада нематериальных активов в стоимость организации // Учёные записки Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета. 2012. Т.2 №11. С. 107-112.