

MUHAMMAD AL-XORAZMIY  
NOMIDAGI TATU FARG'ONA FILIALI  
FERGANA BRANCH OF TUIT  
NAMED AFTER MUHAMMAD AL-KHORAZMI

# “AL-FARG'ONIY AVLODLARI”

ELEKTRON ILMIY JURNALI | ELECTRONIC SCIENTIFIC JOURNAL

## TA'LIMDAGI ILMIY, OMMABOP VA ILMIY TADQIQOT ISHLARI



2-SON 1(2)  
2023-YIL

TATU, FARG'ONA  
O'ZBEKISTON



## O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI RAQAMLI TEXNOLOGIYALAR VAZIRLIGI

MUHAMMAD AL-XORAZMIY NOMIDAGI  
TOSHKENT AXBOROT TEXNOLOGIYALARI UNIVERSITETI  
FARG'ONA FILIALI

**Muassis:** Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari universiteti Farg'ona filiali.

**Chop etish tili:** O'zbek, ingliz, rus. Jurnal texnika fanlariga ixtisoslashgan bo'lib, barcha shu sohadagi matematika, fizika, axborot texnologiyalari yo'nalishida maqolalar chop etib boradi.

**Учредитель:** Ферганский филиал Ташкентского университета информационных технологий имени Мухаммада ал-Хоразми.

**Язык издания:** узбекский, английский, русский.

Журнал специализируется на технических науках и публикует статьи в области математики, физики и информационных технологий.

**Founder:** Fergana branch of the Tashkent University of Information Technologies named after Muhammad al-Khorazmi.

**Language of publication:** Uzbek, English, Russian.

The magazine specializes in technical sciences and publishes articles in the field of mathematics, physics, and information technology.

2023 yil, Tom 1, №2  
Vol.1, Iss.2, 2023 y

ELEKTRON ILMIY JURNALI

ELECTRONIC SCIENTIFIC JOURNAL

«Al-Farg'oniylar avlodlari» («The descendants of al-Fargani», «Potomki al-Fargani») O'zbekiston Respublikasi Prezidenti administratsiyasi huzuridagi Axborot va ommaviy kommunikatsiyalar agentligida 2022-yil 21 dekabrda 054493-son bilan ro'yxatdan o'tgan.

Tahririyat manzili:

151100, Farg'ona sh., Aeroport ko'chasi 17-uy, 201A-xona

Tel: (+99899) 998-01-42

e-mail: info@al-fargoniy.uz

Qo'lyozmalar taqrizlanmaydi va qaytarilmaydi.

FARG'ONA - 2023 YIL

## TAHRIR HAY'ATI

### **Maxkamov Baxtiyor Shuxratovich,**

Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari universiteti rektori, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

### **Muxtarov Farrux Muhammadovich,**

Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari universiteti Farg'ona filiali direktori, texnika fanlari doktori

### **Arjannikov Andrey Vasilevich,**

Rossiya Federatsiyasi Sibir davlat universiteti professori, fizika-matematika fanlari doktori

### **Satibayev Abdugani Djunosovich,**

Qirg'iziston Respublikasi, Osh texnologiyalari universiteti, fizika-matematika fanlari doktori, professor

### **Rasulov Akbarali Maxamatovich,**

Axborot texnologiyalari kafedrasida professori, fizika-matematika fanlari doktori

### **Yakubov Maksadxon Sultaniyazovich,**

TATU «Axborot texnologiyalari» kafedrasida professori, t.f.d., professor, xalqaro axborotlashtirish fanlari Akademiyasi akademigi

### **Bo'taboyev Muhammadjon To'ychiyevich,**

Farg'ona politexnika instituti, Iqtisod fanlari doktori, professor

### **Abdullayev Abdujabbor,**

Andijon mashinosozlik instituti, Iqtisod fanlari doktori, professor

### **Qo'ldashev Abbasjon Hakimovich,**

O'zbekiston milliy universiteti huzuridagi Yarimo'tkazgichlar fizikasi va mikroelektronika ilmiy-tadqiqot instituti, texnika fanlari doktori, professor

### **Ergashev Sirojiddin Fayazovich,**

Farg'ona politexnika instituti, elektronika va asbobsozlik kafedrasida professori, texnika fanlari doktori, professor

### **Qoraboyev Muhammadjon Qoraboievich,**

Toshkent tibbiyot akademiyasi Farg'ona filiali fizika matematika fanlari doktori, professor, BMT ning maslahatchisi maqomidagi xalqaro axborotlashtirish akademiyasi akademigi

### **Naymanboyev Raxmonali,**

TATU FF Telekommunikatsiya kafedrasida faxriy dotsenti

### **Polvonov Baxtiyor Zaylobiddinovich,**

TATU FF Ilmiy ishlar va innovatsiyalar bo'yicha direktor o'rinbosari

### **Zulunov Ravshanbek Mamatovich,**

TATU FF «Dasturiy injiniringi» kafedrasida dotsenti, fizika-matematika fanlari nomzodi

### **Saliyev Nabijon,**

O'zbekiston jismoniy tarbiya va sport universiteti Farg'ona filiali dotsenti

### **G'ulomov Sherzod Rajaboyevich,**

TATU Kiberxavfsizlik fakulteti dekani, Ph.D., dotsent

### **G'aniyev Abduxalil Abdujalioviyich,**

TATU Kiberxavfsizlik fakulteti, Axborot xavfsizligi kafedrasida t.f.n., dotsent

### **Zaynidinov Hakimjon Nasritdinovich,**

TATU Kompyuter injiniringi fakulteti, Sun'iy intellekt kafedrasida texnika fanlari doktori, professor

### **Abdullaev Temurbek Marufovich,**

Kafedra mudiri, texnika fanlar bo'yicha falsafa doktori

### **Bilolov Inomjon O'ktamovich,**

Kafedra mudiri, pedagogika fanlar nomzodi

### **Daliev Baxtiyor Sirojiddinovich,**

Fakultet dekani, fizika-matematika fanlari bo'yicha falsafa doktori

### **Zokirov Sanjar Ikromjon o'g'li,**

Kafedra mudiri, fizika-matematika fanlari bo'yicha falsafa doktori

### **Ibroximov Nodirbek Ikromjonovich,**

Dasturiy injiniring va raqamli iqtisodiyot fakulteti dekani, fizika-matematika fanlari bo'yicha PhD

### **Kochkorova Gulnora Dexkanbaevna,**

Kafedra mudiri, falsafa fanlari nomzodi

### **Kadirov Abdumalik Matkarimovich,**

Yoshlar masalalari va ma'naviy-ma'rifiy ishlar bo'yicha direktor o'rinbosari, falsafa fanlar bo'yicha falsafa doktori

### **Nurdinova Raziya Abdixalikovna,**

Ilmiy tadqiqotlar, innovatsiyalar va ilmiy-pedagogik kadrlar tayyorlash bo'limi boshlig'i, texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori

### **Otakulov Oybek Hamdamovich,**

Kompyuter injiniringi fakulteti dekani, texnika fanlar nomzodi, dotsent

### **Obidova Gulmira Kuziboevna,**

Kafedra mudiri, falsafa fanlari doktori

### **Rayimjonova Odinaxon Sodiqovna,**

Kafedra mudiri, texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD), dotsent

### **Sabirov Salim Satiyevich,**

Kafedra mudiri, fizika-matematika fanlari nomzodi, dotsent

### **Teshaboev Muhiddin Ma'rufovich,**

Ta'lim sifatini nazorat qilish bo'limi boshlig'i, falsafa fanlari bo'yicha falsafa doktori

### **To'xtasinov Dadaxon Farxodovich,**

Kafedra mudiri, pedagogika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)

### Jurnal quyidagi bazalarda indekslanadi:



**MUNDARIJA | ОГЛАВЛЕНИЕ | TABLE OF CONTENTS**

Farrux Muxtarov, MAXSUS AXBOROT ALMASHUV KANALLARIGA BO'LADIGAN XAVF-XATARLARNI ANIQLASH, VAHOLASH VA BOSHQARISH HAMDA ULARNI BARTARAF ETISH USULLARINI ISHLAB CHIQUISH	5-8
Muhammadmullo Asrayev, 0-TARTIBLI BIR JINSLI FUNKSIONALLAR KO'RINISHIDAGI SODDA MEZONLAR UCHUN 1 INFORMATIV BELGILAR MAJMUASINI ANIQLASH USULLARI	9-12
Musoxon Dadaxonov, Muhammadmullo Asrayev, BERILGAN TASVIR SIFATINI VAHOLASH	13-16
Узоков Бархаёт Мухаммадиевич, АДАПТАЦИЯ МОДЕЛЕЙ ОПЕРАТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ ПО ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИМ ПОКАЗАТЕЛЯМ	17-22
Mirzakarimov Baxtiyor Abdusalomovich, Kayumov Ahror Muminjonovich, THE CHALLENGES OF TEACHING JAVA PROGRAMMING LANGUAGE IN EDUCATIONAL SYSTEMS	23-26
Якубов М.С., Хошимов Б.М., АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА НЕФТЕПРОДУКТОВ	27-32
Mirzakarimov Baxtiyor Abdusalomovich, Hayitov Azizjon Mo'minjon o'g'li, THE USE OF BIOMETRIC AUTHENTICATION TECHNIQUES FOR SAFEGUARDING DATA IN COMPUTER SYSTEMS AGAINST UNAUTHORIZED ACCESS OR BREACHES	33-36
Zulunov Ravshan Mamatovich, Kayumov Ahror Muminjonovich, THE LIMITATIONS OF TEACHING JAVA PROGRAMMING LANGUAGE IN EDUCATIONAL SYSTEMS	37-40
D.X.Tojimatov, KIBER TAHDIDLARNI BASHORAT QILISH VA XAVF-XATARLARDAN NIHOYALANISHDA SUN'IY INTELEKT IMKONIYATLARIDAN FOYDALANISH	41-44
Хаджаев С.И., АСИНХРОННАЯ БИБЛИОТЕКА PYTHON ASYNCIO: ПРЕИМУЩЕСТВА И ПРИМЕРЫ ПРИМЕНЕНИЯ	45-48
Kayumov Ahror Muminjonovich, CREATING AN EXPERT SYSTEM-BASED PROGRAM TO EVALUATE TEXTILE MACHINE EFFECTIVENESS	49-52
Zulunov Ravshanbek Mamatovich, Mahmudova Muqaddasxon Abdubannob qizi, TIBBIYOT MUASSASALARIDA ELEKTRON NAVBAT TIZIMI	53-57
Зулунов Равшанбек Маматович, Гуламова Диёра Ифтихар қизи, РЕЧЕВОЙ СИГНАЛ И ЕГО НОРМАЛИЗАЦИЯ	58-60
Солиев Баҳромжон Набижоновиҷ, ГЕНЕРАЦИЯ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ API В DJANGO REST FRAMEWORK С ПРИМЕНЕНИЕМ DRF SPECTACULAR	61-66
Эрматова Зарина Кахрамоновна, АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ ПОДХОДЫ К ОБРАБОТКЕ ОШИБОК: СРАВНЕНИЕ EXCEPTIONS И STD::EXPECTED В C++	67-73

## АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА НЕФТЕПРОДУКТОВ

Якубов М.С.,  
д.т.н., проф.

Ташкентский университет информационных технологий  
имени Мухаммада ал-Хоразми

Хошимов Б.М.,  
старший преподаватель,  
Ферганский филиал Ташкентского университета  
информационных технологий имени Мухаммада ал-Хоразми

**Аннотация.** Приведен обзор работ по истории возникновения и развития промышленной переработки нефти в Узбекистане. Описаны методы контроля качества нефтепродуктов, применяемые в химико-аналитических лабораториях. Работа содержит подробное сравнение математических моделей (виртуальных анализаторов) показателей качества нефтепродуктов, получаемых на нефтеперерабатывающих установках. Автором выполнена разработка моделей виртуальных анализаторов качества в виде авто регрессионных моделей. В качестве исходных данных применены экспериментальные данные действующей установки малой мощности. Выполнен анализ адекватности полученных моделей по скорректированному критерию детерминации. Полученные результаты позволяют рекомендовать авто регрессионные модели в управлении процессом нефтепереработки.

**Ключевые слова:** виртуальный анализатор, нефтепереработка, авто регрессионная модель, ректификация.

Введение. Вероятно, что процесс перегонки нефти известен давно. Об этом свидетельствует множество описаний в литературных источниках. Но, в основном, это свидетельства об осуществлении перегонки нефти в лабораторных условиях. Ферганская область одной из первых в республике внедрила нефтепереработку в промышленность. Природно-климатические условия Ферганской долины, богатые минерально-сырьевые источники, трудовой потенциал явились предпосылкой создания нефтеперерабатывающей промышленности в Узбекистане.

1. СВЕДЕНИЯ ИЗ ИСТОРИИ ПРОМЫШЛЕННОЙ НЕФТЕПЕРЕРАБОТКИ. Предыстория развития нефтеперерабатывающей промышленности в Средне-Азиатском регионе начиналась в 1868 году, когда русскими промышленниками Федоровым, Хлудовым, Захо, Громовым и др. были предприняты первые попытки разработки нефтяных месторождений в Ферганской долине, которые по нескольким причинам были остановлены.

Позднее российские предприниматели пытались разработать месторождения нефти, и

только в 1904 году открыты нефтяные скважины, добыча нефти из которых, была настолько продуктивной, что назрел вопрос о строительстве собственного нефтеперегонного завода.

В этом же году под руководством инженера путей сообщения А.Н. Ковалевского было начато строительство Ванновского нефтеперегонного завода.

В 1906 году был введен в эксплуатацию Ванновский нефтеперегонный завод (ныне Алты-Арыкский НПЗ), который в настоящее время является подразделением Ферганского НПЗ.

Строительство Ферганского нефтеперерабатывающего завода диктовалось необходимостью создания на месте потребления своей собственной нефтеперерабатывающей отрасли, а также продолжения развития промышленности и транспорта в целом по всему Среднеазиатскому региону. Задача приближения промышленности к источникам сырья, топлива к регионам потребления решалась строительством, нефтеперерабатывающего завода вблизи Ферганы. Бесперебойное его функционирование предотвращало разрыв между потребностью

районов Средней Азии и Казахстана в нефтепродуктах, ранее завозимых извне, исключало дальние их перевозки и связанные с этим излишние эксплуатационные и капитальные затраты.

26 июня 1958 года первая установка ЭЛОУ (электрообессоливающая установка) была введена в эксплуатацию. Первая технологическая установка атмосферно-вакуумной перегонки нефти АВТ-1 была введена в действие в начале 1959 года.

27 января 1959 года принято считать днем рождения Ферганского нефтеперерабатывающего завода.

В связи с переходом Ферганского НПЗ в 1995 году на местное сырье с высоким содержанием сернистых соединений перед заводом возникла задача по сохранению ассортимента и качества ранее выпускаемой продукции, а также освоения новых современных технологий, направленных на выпуск конкурентоспособной на мировом рынке продукции. Учитывая особенности переработки высокосернистого сырья, Кабинет Министров Республики Узбекистан Постановлением за № 397 от 12.11.1996 г. в рамках инвестиционной программы с привлечением европейского банка реконструкции и развития ЕБРР и ЭКСИМ банка (Япония) дал направление на осуществление реконструкции Ферганского НПЗ с целью обеспечения качества светлых нефтепродуктов, соответствующих требованиям мировых стандартов и улучшения экологической обстановки.

Проект реконструкции осуществлялся японскими компаниями "Mitsui" и "Toyo Injiniring" с объемом финансирования более 200,0 млн. долларов США.

С пуском в августе 1999 года в эксплуатацию Комплекса гидродесульфуризации дизельного топлива (ГДС), наряду с получением высококачественного дизельного топлива (содержание серы не более 0,5%) решился вопрос сокращения вредных веществ в окружающую среду путем строительства сопутствующего объекта ГДС установки получения элементарной серы.

Извлекаемая из дизельного топлива техническая сера пользуется спросом в химической промышленности и в сельском хозяйстве.

Современная техника из года в год предъявляет все более жесткие требования к

эксплуатационным свойствам нефтепродуктов и Ферганский НПЗ не останавливается на достигнутом, на нашем предприятии постоянно ведутся разработки по совершенствованию качества топлив и моторных масел.

За последние годы освоен выпуск моторных масел класса Д и Е. Они успешно прошли испытания и на них получены допуски на производство и применение. Это дизельные моторные масла М-8ДМ, М-10ДМ, М-14ДМ.

## 2. МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА.

Важными задачами нефтепереработки на сегодня являются увеличение отбора светлых нефтепродуктов и качества получаемых дистиллятов. На качество получаемых фракций влияет фракционный состав сырья, параметры процесса (температура, давление), другие факторы.

Показателями качества является фракционный состав нефтепродуктов, определяемый в химико-аналитических лабораториях (ХАЛ) нефтеперерабатывающих заводов. В лаборатории для определения фракционного состава нефти и нефтепродуктов применяется разгонка по Энглеру (ГОСТ 2177-99). Определение фракционного состава определяется перегонкой в стандартной колбе путем постепенного испарения анализируемого образца при атмосферном давлении. Зарубежным аналогом данного метода является стандарт ASTM D 86. Более точным способом определения фракционного состава является перегонка в аппарате АРН-2 (ГОСТ 11011-85). По результатам перегонки можно построить кривые истинных температур кипения (ИТК), определяющие температуру, при которой выкипает заданное количество вещества (% мас.). Аналогом данного метода является стандарт ASTM D 1160.

Для определения фракционного состава нефти и нефтепродуктов их можно представить как смеси псевдокомпонентов, каждому из которых соответствует узкая фракция на кривой ИТК с определенной температурой кипения. Качество отбираемых дистиллятов определяется наложением фракций, то есть разностью между температурой конца кипения легкой фракции и температурой начала кипения следующей. Эти показатели регламентируются. Как правило,

налегание фракций не должно превышать 10-25 °С.

По средней температуре кипения можно найти молекулярную массу псевдокомпонента. Моделирование фракционного состава нефти и нефтепродуктов в виде смеси псевдокомпонентов (узких фракций) показано, например, в работах [1]. При ректификации нефти указываются границы интегральных показателей качества фракции.

**3. АНАЛИЗАТОРЫ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА НЕФТЕПРОДУКТОВ.** В большинстве случаев оперативное управление технологическими процессами НПЗ осуществляется на основе сбора и первичной обработки данных, а также с учетом лабораторных анализов промежуточной и товарной продукции. Наличие оперативного контроля позволяет в течение длительного времени поддерживать стабильно заданное качество нефтепродуктов.

Виртуальный анализатор (ВА) может либо входить в состав АСУ ТП (в составе СППР), либо существовать в виде интеллектуальной надстройки контура управления. ВА позволяют отслеживать параметры в режиме онлайн, дополняя существующие лабораторные системы. Создается математическая модель, выходом которой является неизмеряемый параметр качества. На вход модели можно подавать данные как из баз данных, так и из онлайн источников, таких как ОРС. В случае отклонения показателя от желаемого возможно принимать решение по коррекции параметров процесса, не дожидаясь получения лабораторных анализов.

Критериями выбора способа измерения качества нефтепродуктов (лабораторный анализ, поточные анализаторы, ВА) являются следующие: частота измерений, требования к точности, стоимость измерений.

Приведем краткий обзор методов построения ВА. ВА показателей качества нефтепродуктов установки атмосферной разгонки представляет собой математическую зависимость между моделируемым показателем и параметрами технологического процесса, измеряемыми приборами непосредственно на технологической установке.

Часто применяемым методом синтеза ВА является регрессия. То есть поиск коэффициентов в заранее заданной функции. Это может быть

полином, сплайн, нелинейная зависимость (экспонента, например) и т.д. Основами моделей ВА могут быть регрессионная зависимость (в том числе, в виде многомерного сплайна), нечеткая логика, нейронная сеть, генетические алгоритмы. Метод синтеза (для регрессии) - это или метод наименьших квадратов (МНК) или точная интерполяция.

При получении модели ВА в виде регрессионной зависимости невозможно учесть неизмеряемые возмущения, так как ректификация является сложным процессом. Для устранения этой проблемы в работе [2] предлагается использовать показатель идентифицируемости объекта на основе алгоритма чередующихся условных математических ожиданий. С его помощью оценивается возможность получения адекватной модели по имеющейся выборке, избегая длительного перебора возможных вариантов структур.

В статье [3] предложены регрессионные модели, связывающие температуры конца кипения нефтяных фракций (бензиновой, дизельной) с параметрами технологического процесса АВТ: температурами профиля атмосферной колонны, давлением, расходом водяного пара.

В работе [4] предлагается ВА конца кипения бензиновой фракции, получаемой в колонне отбензинивания, на основе искусственной нейронной сети по статистическим данным работы модели. В работе [5] показано получение зависимостей для температуры конца кипения нефтяных фракций (бензиновой, дизельной) от параметров технологического процесса АВТ с применением искусственной нейронной сети с применением программного пакета Matlab.

В [6] для определения показателей качества колонны блока вторичной перегонки бензина разработан ВА в условиях неопределенности состава питания. Установлено, что, поскольку контролируемые переменные - расход орошения и отбор дистиллята - позволяют косвенно оценивать влияние состава питания на показатели качества разделяемых компонентов, они должны входить в состав параметров модели предложенного ВА.

В [7] предлагаются зависимости, связывающие текущие значения температур начала и конца кипения с молекулярными весами байпасных потоков и их паровых фаз, а также зависимости молекулярных весов и отборов светлых фракций от давления и расходов орошений

с коррекцией коэффициентов уравнений регрессии.

В [8] для повышения достоверности статистической информации используется проведение имитационного эксперимента на адаптированной к условиям технологического процесса физико-химической математической модели объекта с формированием необходимой выборки и ее дальнейшим использованием с целью идентификации модели ВА. Используется среда имитационного моделирования Honeywell UNISIM Design.

Важным этапом построения моделей ВА является предварительная подготовка и обработка исходных данных [9]. В статье [10] показано применение EM-метода для разработки моделей ВА объектов нефтепереработки с учетом транспортного запаздывания.

При построении математических моделей процесса важно учитывать состав и свойства поступающего на установку сырья. В статье [11] предложена модель кривой истинных температур кипения (ИТК) в виде экспоненциально-степенной зависимости и показана адекватность полученной модели ИТК.

В работе [12] предложен способ устранения мультиколлинеарности при получении моделей ВА установки АВТ с применением метода главных компонент (МГК). После нахождения значений главных компонент построено уравнение множественной регрессии с применением метода наименьших квадратов (МНК), связывающее нормированный выходной параметр и главные компоненты. После исключения незначимых коэффициентов полученное выражение преобразовано в регрессионную модель с исходными факторами.

Таким образом, в вышеперечисленных работах чаще всего предлагаются регрессионные модели ВА, модели в виде искусственных нейронных сетей, учитывается транспортное запаздывание и мультиколлинеарность. Полученные модели применимы на установках АТ, АВТ, блоках вторичной переработки бензина для решения задачи поддержания регламентируемых показателей технологического процесса.

**4. МОДЕЛИ КАЧЕСТВА НЕФТЕПРОДУКТОВ В ВИДЕ АВТОРЕГРЕССИОННЫХ МОДЕЛЕЙ.**  
Рассмотренные модели ВА для малого НПЗ

трудноприменимы, потому что при выборе параметров необходимо учесть особенности технологического процесса малых НПЗ. Следует отметить, что виртуальные анализаторы Yokogawa, Emerson и др. являются дорогостоящими для малых НПЗ.

Для разработки системы управления процессом первичной переработки нефти авторами предложены модели ВА на основе регрессионных, авторегрессионных моделей, полученных по экспериментальным данным с учетом особенностей технологического процесса на малом НПЗ. Показатели качества (температуры начала и конца кипения нефтяных фракций и др.) зависят от технологических параметров процесса (расходов орошений, нефтяных фракций, теплоносителей; температур на отборных тарелках и др.).

Для исследуемого объекта (атмосферная колонна) в качестве исходных данных использовались оперативные листы и результаты химико-аналитической лаборатории (фракционный состав нефтепродуктов, нефти и др.) действующей нефтеперерабатывающей установки малой мощности.

Температура начала кипения боковой фракции зависит от подачи в низ колонны водяного пара. Температура конца кипения фракции определяется отбором самой фракции, поступающей в отпарную колонну. В нашем случае дизельная фракция, поступающая в отпарную колонну, и циркуляционное орошение отбираются с одной тарелки. Уменьшение отбора фракции увеличивает количество внутренней флегмы, стекающей с тарелки отбора, таким образом, снижается конец кипения фракции. Температура конца кипения бензиновой фракции связана с расходом верхнего орошения.

Рассматривались варианты построения моделей виртуальных анализаторов в виде регрессионных, авторегрессионных зависимостей показателей качества от параметров процесса.

Определены следующие регрессионные зависимости показателей качества нефтепродуктов от технологических параметров для атмосферной колонны:

$$T_{ккб} = k_1 + k_2 \cdot F_6 - k_3 \cdot F_{op} + k_4 \cdot T_6; \quad (a)$$

$$T_{нкдт} = k_5 + k_6 \cdot F_{сно} - k_7 \cdot T_{13}; \quad (б)$$

$$T_{ккдт} = k_8 - k_9 \cdot F_{yo} - k_{10} \cdot F_{op} + k_{11} \cdot F_{дт} + k_{12} \cdot T_{13}; \quad (в)$$

(1)



где  $T_{ккб}$ ,  $T_{нкдт}$ ,  $T_{ккдт}$  - температуры начала кипения, конца кипения бензиновой, дизельной фракции, °С;  $F_b$ ,  $F_{дт}$ ,  $F_{вп}$  - расходы бензиновой, дизельной фракции, перегретого водяного пара в отпарную колонну, кг/с;  $F_{оп}$ ,  $F_{ц}$  - расход верхнего и циркуляционного орошений, кг/с;  $T_e$  - температура верха колонны, °С;  $T_{13}$  - температура выхода дизельной фракции, °С;  $k_1 - k_{12}$  - коэффициенты, определяемые МНК.

В случае авторегрессионной зависимости, кроме технологических параметров, присутствует лаговое значение показателя качества в виде факторной переменной. Получены авторегрессионные зависимости:

$$T_{ккб}(t) = k_1 + k_2 \cdot T_{ккб}(t-1) + k_3 \cdot F_b - k_4 \cdot F_{оп} + k_5 \cdot T_e; \quad (a)$$

$$T_{нкдт}(t) = k_6 + k_7 \cdot T_{нкдт}(t-1) + k_8 \cdot F_{вп} - k_9 \cdot T_{13}; \quad (б)$$

$$T_{ккдт}(t) = k_{10} + k_{11} \cdot T_{ккдт}(t-1) - k_{12} \cdot F_{ц} - k_{13} \cdot F_{оп} + k_{14} \cdot F_{дт}; \quad (в) \quad (2)$$

Здесь  $T_{ккб}(t-1)$ ,  $T_{нкдт}(t-1)$ ,  $T_{ккдт}(t-1)$  - температуры начала кипения, конца кипения бензиновой, дизельной фракции в предыдущий момент времени  $(t-1)$ , °С.

Интервалы температур начала и конца кипения фракций определены из технологического регламента нефтеперерабатывающей установки. Для дизельного топлива в скобках указаны показатели для летнего периода. Они задаются в виде ограничений:

$$33 \leq T_{ккб} \leq 42; 162 \leq T_{нкдт} \leq 180; \\ 170 \leq T_{ккдт} \leq 200; 288(302) \leq T_{ккдт} \leq 325(357). \quad (3)$$

Коэффициенты  $k_1 - k_{12}$  в (1) и  $k_1 - k_{15}$  в (2) определяются с использованием МНК:

$$S = \sum_{i=1}^N (y_i - \hat{y}_i)^2 \rightarrow \min, \quad (4)$$

где  $y_i$  - экспериментальное значение показателя качества;  $\hat{y}_i$  - значение показателя качества, определенное по модели.

Коэффициенты в (1), (2) по условию (4) находились в *Matlab* с помощью функций *mldivide*

и *regress* [24]. Исходные данные формируются в *Excel*.

Критерием адекватности моделей является скорректированный коэффициент детерминации:

$$R^2 = 1 - \frac{Q_e}{Q_y} \cdot \frac{n-1}{n-m-1}, Q_e = \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2, Q_y = \sum_{i=1}^n (y_i - y_{cp})^2, \quad (5)$$

где  $\hat{y}_i$  - значения показателя качества, определенные по модели;  $y_i$  - экспериментальные значения показателя качества;  $y_{cp}$  - среднее выборочное значение показателя качества;  $m$  - число факторных переменных.

Приведем для примера результаты вычислений по формуле (5) для температуры конца кипения дизельной фракции.

**Таблица 1**  
**Скорректированный коэффициент детерминации**

Зависимость для $T_{кк}$ дизельного топлива	
Регрессионная модель	Авторегрессионная
0,5954	0,6265

Закключение. Таким образом, при оценке скорректированного коэффициента детерминации  $R^2$  значение показателя для авторегрессионной модели выше, чем для регрессионной модели, на основании чего рекомендуется применять полученную авторегрессионную модель в управлении малым НПЗ.

Получены регрессионные уравнения для других ВА. Для ВА температуры начала кипения дизельного топлива получено невысокое значение коэффициента детерминации, что может быть связано с объемом выборки или выбором факторов или необходимостью подбора другого вида зависимости. По выбранному показателю качества модели (коэффициенту детерминации) ВА, определенные МНК, показали лучшие результаты на обучающей выборке. Но на тестовой выборке результаты лучше у моделей ВА, полученных МГК, что говорит о преимуществах применения МГК в условиях мультиколлинеарности факторов.

Применение системы ВА способствует повышению оперативности информации о качестве нефтепродуктов нефтеперерабатывающей установки. Рассмотренные модели могут быть применимы на установках НПЗ с целью контроля качества нефтепродуктов в реальном времени и

использования в управлении процессом в составе APC-систем.

### Список литературы

1. Технология переработки нефти. В 2-х частях. Часть первая. Первичная переработка нефти / Под ред. О.Ф. Глаголевой и В.М. Капустина. - М.: Химия, Колос С, 2006. - 400 с.

2. Диго Г.Б., Можаровский И.С., Торгашов А.Ю. Исследование моделей виртуальных анализаторов массообменного технологического процесса ректификации // Информатика и системы управления. - 2011. - № 4. - С. 17-27.

3. Тугашова Л.Г. Прогнозирование показателей качества нефтепродуктов на установках первичной переработки нефти // Ученые записки Альметьевского государственного нефтяного института. - 2015. - Т. 14. - С. 99-103.

4. Попадько В.Е., Першин О.Ю., Южанин В.В. Опыт применения учебно-научного комплекса для моделирования и управления ТП НПП. XII Всероссийское совещание по проблемам управления. - Москва, 2014.

5. Тугашова Л.Г. Виртуальные анализаторы показателей качества процесса ректификации // Электротехнические и информационные комплексы и системы. - 2013. Т. 9. - № 3. - С. 97-103.

6. Тураносов А.В., Лисицын Н.В. Моделирование показателей качества разделяемых компонентов при ректификации углеводородных смесей // Автоматизация в промышленности. - 2011. - №11. - С. 53-61.

7. Патент на изобретение № 2176149. Марушак Г.М., Кудряшов В.С., Энтин Б.Г., Алексеев М.В., Кузьменко В.В. Система автоматического управления процессом ректификации. 01.12.2001. Бюл. № 33.

8. Агафонов Д.В., Антонов А.В. Использование инференциальных вычислений показателей качества управления технологическими процессами на примере ректификационной колонны // Аэрофизика и космические исследования. Труды научной конференции МФТИ. - Долгопрудный, 2006. - С. 238-239.

9. Веревкин А.П., Денисов С.В., Муртазин Т.М., Устюжанин К.Ю. Подготовка данных для построения виртуальных анализаторов в задачах усовершенствованного управления //

Автоматизация в промышленности. - 2019. - № 3. - С. 12-17.

10. Гончаров А.А., Тугашова Л.Г., Жуков И.В. Определение транспортного запаздывания при получении виртуального анализатора для процесса ректификации нефти // Нефтепереработка и нефтехимия. Научно-технические достижения и передовой опыт. - 2018. - № 8. - С. 10-14.

11. Затонский А.В., Тугашова Л.Г. Моделирование статического режима процесса ректификации с идентификацией состава и свойств нефти // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. - 2015. - № 6. - С. 109-116.

12. Тугашова Л.Г., Затонский А.В. Исследование качества нефтепродуктов с применением моделей // Химическая физика и мезоскопия. - 2019. - Т. 21. - №4. - С. 551-564.