

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

# “AL-FARG‘ONIIY AVLODLARI”

ELEKTRON ILMIY JURNALI | ELECTRONIC SCIENTIFIC JOURNAL

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



2-SON 1(6)  
2024-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.

2024 yil, Tom 1, №2  
Vol.1, Iss.2, 2024 y

ELEKTRON ILMIY JURNALI

ELECTRONIC SCIENTIFIC JOURNAL

«Al-Farg'oniyl 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.

Jurnal OAK Rayosatining 2023-yil 30 sentabrdagi 343-sonli qarori bilan Texnika fanlari yo'nalishida milliy nashrlar ro'yxatiga kiritilgan.

Tahririyat manzili:  
151100, Farg'ona sh.,  
Aeroport ko'chasi 17-uy,  
202A-xona  
Tel: (+99899) 998-01-42  
e-mail: info@al-fargoniy.uz

Qo'lyozmalar taqrizlanmaydi va qaytarilmaydi.

FARG'ONA - 2024 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,**

Muhammad al-Xorazmiy nomidagi TATU Farg'ona filiali Axborot texnologiyalari kafedrasida professori, fizika-matematika fanlari doktori

### **Yakubov Maksadxon Sultaniyazovich,**

Muhammad al-Xorazmiy nomidagi TATU «Axborot texnologiyalari» kafedrasida professori, t.f.d., professor, xalqaro axborotlashtirish fanlari Akademiyasi akademigi

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

Muhammad al-Xorazmiy nomidagi TATU Kiberxavfsizlik fakulteti dekani, Ph.D., dotsent

### **G'aniyev Abduxalil Abdjalilovich,**

Muhammad al-Xorazmiy nomidagi TATU Kiberxavfsizlik fakulteti, Axborot xavfsizligi kafedrasida t.f.n., dotsent

### **Zaynidinov Hakimjon Nasritdinovich,**

Muhammad al-Xorazmiy nomidagi TATU Kompyuter injiniringi fakulteti, Sun'iy intellekt kafedrasida texnika fanlari doktori, professor

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

Farg'ona politexnika instituti, Iqtisod fanlari doktori, professor

### **Abdullayev Abdujabbor,**

Andijon mashinosozlik instituti, Iqtisod fanlari doktori, professor

### **Qo'ldashev Abbosjon 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

### **Polvonov Baxtiyor Zaylobiddinovich,**

Muhammad al-Xorazmiy nomidagi TATU Farg'ona filiali Ilmiy ishlar va innovatsiyalar bo'yicha direktor o'rinbosari

### **Zulunov Ravshanbek Mamatovich,**

Muhammad al-Xorazmiy nomidagi TATU Farg'ona filiali Dasturiy injiniring kafedrasida dotsenti, fizika-matematika fanlari nomzodi

### **Abdullaev Temurbek Marufovich,**

Muhammad al-Xorazmiy nomidagi TATU Axborot texnologiyalari kafedra mudiri, texnika fanlar bo'yicha falsafa doktori

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

Muhammad al-Xorazmiy nomidagi TATU Farg'ona filiali Ilmiy tadqiqotlar, innovatsiyalar va ilmiy-pedagogik kadrlar tayyorlash bo'limi boshlig'i, fizika-matematika fanlari bo'yicha falsafa doktori

Jurnal quyidagi bazalarda indekslanadi:



*Eslatma! Jurnal materiallari to'plamiga kiritilgan ilmiy maqolalardagi raqamlar, ma'lumotlar haqqoniyligiga va keltirilgan iqtiboslar to'g'riligiga mualliflar shaxsan javobgardirlar.*

## MUNDARIJA | ОГЛАВЛЕНИЕ | TABLE OF CONTENTS

Sotvoldiyev Xusniddin, Abdurahimova Mubiynaxon Ikrom qizi, Алгоритмы синтеза адаптивных систем управления нестационарными системами при неполной информации	6-12
Лазарева Марина Викторовна, Порубай Оксана Витальевна, Оптимизация режимов работы объектов возобновляемой энергетики для обеспечения энергией сельского хозяйства	13-23
Bozarov Vaxromjon Ilxomovich, TRIGONOMETRIK VAZNLI OPTIMAL KVADRATUR FORMULALARNI KOMPYUTER TOMOGRAFIYASI TASVIRLARINI QAYTA TIKLASHGA TATBIQI	24-27
Saidov Mansurjon Inomjonovich, Fisher statistikasida markaziy limit teoremlardan foydalanish	28-34
Saidkulov E.A., ZARAFSHON DARYOSINING FARKTAL XUSUSIYATLI TARMOQLARINI QURISH	35-40
Бозоров Алишер Ганишер угли, Метод диагностики по характеристической частоте АБ(аккумуляторных батарей)	41-45
Daliyev B. S., Sobolevning fazosida Abel umumlashgan integral tenglamasini yechish uchun optimal koeffitsiyentlar va optimal kvadratur formulaning normasi	46-53
Nurjanov Furqatbek Reyimberganovich, SUNIY INTELLEKT USULLARI YORDAMIDA TASVIRDAN SHAXSNING YUZ TASVIRI JOYLASHGAN SOHASINI TOPISH ALGORITMLARI	54-60
Boyquziyev Ilxom Mardanoqulovich, Rahmatullayev Ilhom Raxmatullayevich, Axadova O'g'iloy Chorshanbi qizi, RSA shifrlash algoritmining maxfiy kalitini aniqlash algoritmi	61-67
Sharifjanova Nilufar Muratjanovna, Yakubov Maksadhon Sultaniyazovich, Nurilla Ergashvaevich Mahamatov, ALGORITHM FOR LOCAL LOOP OPTIMIZATION OF MULTISTAGE FLOTATION PROCESSES	68-75
Rashidov Akbar Ergash o'g'li, Axatov Akmal Rustamovich, Nazarov Fayzullo Maxmadiyarovich, ICHKI TAQSIMLASH MEXANIZMIDA MA'LUMOTLAR OQIMLARINI BOSHQARISH ALGORITMI	76-82
Beglerbekov Rasul Jubatxanovich, Babanazarov Danil Jandullayevich, INFORMATIV BELGILAR FAZOSIDA TIMSOLLARNI TANIB OLISH VA ULARNI SHAKLLANTIRISH ALGORITMI	83-86
Kuvandikov Yokub Tursunbayevich, KULTIVATOR O'QYOYSIMON PANJALARINING YEYILISHINI O'RGANISHDA AXBOROT TEXNOLOGIYALARIDAN FOYDALANISH	87-90
Горовик Александр Альфредович, Лазарева Марина Викторовна, Моделирование алгоритмов взаимодействия обучаемого с обучающими курсами	91-100
Yakubov Maqsadxon Sultaniyazovich, Uzakov Barxayotjon Muhammadiyevich, Xoshimov Baxodirjon Muminjonovich, FARG'ONA NEFTNI QAYTA ISHLASH ZAVODI UCHUN AVTOMATLASHTIRILGAN TIZIMINI MATEMATIK MODEL VA ALGORITMLASH JADVALINI REJALASHTIRISH VAZIFALARI	101-108
Мелиев Фарход Фаттоевич, Мелиев Фатто Мухаммадиевич, Обнаружения объектов на гистологических изображениях на основе сопоставления шаблонов	109-113
Sharibayev Nosirjon Yusubjanovich, Kayumov Ahror Muminjonovich, TRIKOTAJ TO'QIMALARINING STRUKTURASINI KOMPYUTER KO'RISH TEXNIKASI ASOSIDA TASNIFLASH	114-118
Mirzakarimov Baxtiyor, Mamadalieva Lola, Xayitov Azizjon, DEVELOPMENT OF A HYBRID ENERGY COMPLEX WITH MICRO-HYDRO AND SOLAR POWER IN UZBEKISTAN	119-123
Turakulov Otabek Xolmirzayevich, Mamaraufov Odil Abdixamitovich, Do'ztmuxammedova Munira Farxodovna, IJTIMOY MEDIA STRUKTURALANMAGAN MATNLI MA'LUMOTLARINI QAYTA ISHLASHDA TASNIFLASH MASALASI	124-128
Xalilov Muxammadmuso Muxammadyunosovich, Dalibekov Lochinbek Rustamovich, Murodullayeva Rayxona Abduraxmon qizi, OPTIK TOLALARDA SIGNALLARNI YO'QOLISHINI OLDINI OLISH VA AXBOROT XAVFSIZLIGI TA'MINLASH	129-131
Uzakov Barxayotjon Muhammadiyevich, NEFTNI QAYTA ISHLASH KORXONALARI FAOLIYATI BOSHQARUV TIZIMINI TAKOMILLASHTIRISH	132-139
Umarov Xasan Abdullayevich, INTERPOLYATSIYA MASALALARINI YECHISH VA TAHLIL QILISHDA LAGRANJ USULI	140-142
Abduraxmanov Ravshan Anarbayerovich, TASVIR GISTOGRAMMALARINING TAHLILI VA STATISTIK MA'LUMOTLARI	143-145
Логинов Павел Викторович, Акбаров Нодирбек Аскаралиевич, Хамидов Саиджон Собитжон угли, ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ НЕЛИНЕЙНОГО ДЕФОРМИРОВАНИЕ ГРУНТОВ	146-151
Rayimjonova O. S., Nurdinova R. A., BOSHQARISH VA NAZORAT QILISH SISTEMALARI UCHUN ISSIQLIK O'ZGARTIRGICHLARNI TADQIQ QILISH	152-157
Asrayev Muhammadmullo Abdullajon o'g'li, G'oiyeva Xumora Qobiljon qizi, Abdurasulova Dilnoza Botirali qizi, QO'LYOZMA TASVIR BELGILARINIG NEYRON TARMOQLAR ORQALI TAQQOSLANISHI	158-161
Xoshimov Baxodirjon Muminjonovich INTELLEKTUAL BOSHQARISH TIZIMLARI YORDAMIDA NEFTNI REKTIKATSIYA JARAYONINI BOSHQARISH	162-168
Kurbanov Abduraxmon Alishboyevich, INSON TANASI HARAkatLARINI TAHLIL QILISHDA ZAMONAVIY MODELLAR VA ALGORITMLARNI QO'LLASHNI O'RGANISH	169-175
Dalibekov Lochinbek Rustambekovich, PAXTANI BIRLAMCHI QAYTA ISHLASH JARAYONIDA KUCHLI ELEKTROSTATIK MAYDONLARNI YARATISH UCHUN MUQOBIL ENERGIYA MANBALARIDAN FOYDALANISH IMKONIYATI	176-180
Mirzayev Jamshid Boymurodovich, KORXONA VA TASHKILOTLARDA AXBOROT XAVFSIZLIGI RISKLARINI BAHOLASH USULLARINI TAHLILI	181-184
Jo'rayev Mansurbek Mirkomilovich, Nozik sug'orish tizimlari monitoring qilishda ma'lumotlarni uzatish texnologiyalar tahlili	185-188

# MUNDARIJA | ОГЛАВЛЕНИЕ | TABLE OF CONTENTS

Zulunov Ravshanbek Mamatovich, Sattarov Maxammadjon Fozil o'g'li, SOG'LIQNI SAQLASHNI AVTOMATLASHTIRISH: BEMOR TAJRIBASINI YAXSHILASH YO'LI	189-195
Husniya Akhmedova, ORGANIZATION OF WORD SEARCH IN UZBEK TEXTS BASED ON BOYER-MOORE-HORSPPOOL ALGORITHM	196-201
Shamsiev Kalibek Saribaevich, Oybek Bektoshev Qosimjon ug'li, SIKLON REJIM KO'RSATGICHLARINING SAMARADORLIKGA TA'SIRINI O'RGANISH NATIJALARI	202-205
Otaqulov Oybek Xamdamiyevich, Nabiyeu Iskandar Farxodjon o'g'li, Nabiyeua Maysaraxon Shuxratjon qizi, CHIZIQLI VA AFFIN MODELLARI YORDAMIDA SENSORLAR TAHLIL QILISH	206-209
Umurzakova Dilnoza Maxamadjanovna ISSIQLIK ENERGETIKA OBYEKTLARINING TEXNOLOGIK PARAMETRLARINI NORAVSHAN-MANTIQIY BOSHQARISH MODELLARINI ISHLAB CHIQUISH	210-219
Якубов Максадхан Султаниязович, Хошимов Баходиржон Муминжонович, Узаков Бархаётжон Мухаммадиевич, СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ РЕКТИФИКАЦИИ НЕФТИ	220-228
Sattarov Nosirbek Abdulhodi o'g'li, Jo'rayev To'xtamurod Ixvoljon o'g'li, Sadikova Munira Alisherovna, TASVIR KONRASTINI KUCHAYTIRISH ALGORITMLARI	229-231
Исроилов Шаробиддин Махаммадюсуфович, Набиев Искандар Фарходжон ўғли, К ТЕОРЕТИЧЕСКОМУ АНАЛИЗУ ПРОЦЕССА ДИФФУЗИИ КОНТАКТНОЙ ДОРОЖКИ НАГРЕВА АВТОМОБИЛЬНОГО СТЕКЛА	232-236
Садикова Мунира Алишеровна, Зиятдинов Марсель Ринатович, ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОБЛЕМЫ РАЗРАБОТКИ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ИГРОВОЙ ИНДУСТРИИ	237-241
Okhunov Dilshod Mamatjonovich, Okhunov Mamatjon Xamidovich, Muminov Kamolkhon Ziyodjon ugli, Muhtoriddinov Muhammadyusuf Temirhon ugli, THE CONCEPT OF MARKETING AT IT INDUSTRY ENTERPRISES IN THE CONTEXT OF DIGITALIZATION OF THE ECONOMY	242-248
Камилов Мирзаян Мирзаахмедович, Худайбердиев Мирзаакбар Хаккулмирзаевич, Алимжанова Ойимбуш Собиржон кизи, Процесс моделирования спроса на товары с использованием алгоритмов машинного обучения	249-254
Radjabov Sobirjon Sattorovich, Dadaxanov Musохон Xoshimxonovich, Mardiyev Azamat Shakar o'g'li, QO'LYOZMA MATNI TASVIRI SIFATINI OSHIRISHNING SAMARALI ALGORITMINI TANLASH	255-260
Yuldasheva Nafisa Salimovna, SHAXSNI OVOZI ASOSIDA IDENTIFIKATSIYALASH TIZIMINING ASOSIY MASALALARI	261-267
Nishanov Akram Xasanovich, Beglerbekov Rasul Jubatxanovich, Babanazarov Danil Jandullayevich, BELGILAR ASOSIDA QOVUN NAVLARINI XUDUDLAR BO'YICHA TASNIFLASH MASALASI, UNING MATEMATIK IFODALANISHI VA ALGORITMI	268-273
Mirzaeva Malika Bahadirovna, Сулейманов Анвар Аскарлович, К АНАЛИЗУ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СРЕДСТВ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СЕТЕЙ СВЯЗИ	274-280
Керимов Комил Фикратович, Азизова Зарина Ильдаровна, Анализ трафика сети с применением алгоритмов машинного обучения в автоматизированной информационной системе быстрого реагирования на инциденты информационной безопасности и фильтрации трафика сети	281-285
Otaqulov Oybek Xamdamiyevich, Azamxonov Bahodir Saitekamolxonovich, Naбиев Искандар Фарходжон uгли, ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРИМЕНЕНИЯ АЛГОРИТМОВ ФИЛЬТРА КАЛМАНА ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ ОШИБОК В АВТОМАТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ	286-290
Djabbarov Dilshod Turdikulovich, Asrayev Muhammadmullo Abdullajon o'g'li, G'oiyova Xumora Qobiljon qizi, VIDEO TASVIRLARDA INSON KO'ZLARINI ANIQLASH UCHUN CHUQUUR O'RGANISH ALGORITMLARIDAN FOYDALANISH	291-295
Kabildjanov Aleksandr Sabitovich, Pulatov G'iyos Gofurjonovich, Pulatova Gulxayo Azamjon qizi, OB-HAVO SHAROITLARINING YURAK-QON TOMIR KASALLIKLARIGA TA'SIRINI ANIQLASHNING ANALITIK TAXLILI	296-300
Tojiev Feruza, Khamdamov Utkir, MACHINE LEARNING ALGORITHMS ANALYSIS FOR NETWORK TRAFFIC CLASSIFICATION	301-305
Nabijonov Ravshanbek Muxammadjon o'g'li, Nabiyeu Iskandar Farxodjon o'g'li, Nabiyeua Maysaraxon Shuhratjon qizi, AQLLI SVETOFOR TIZIMINI LOYIHALASH	306-310
Baxtiyor Mirzakarimov Abdusolomovich, Sidiqov Azizbek Abdullo o'g'li, O'RTA MAXSUS, KASB-HUNAR TA'LIMI TZIMIDAGI TA'LIM MUASSASALARIDA O'QUVCHILAR MA'LUMOTLAR BAZASINI SHAKLLANTIRISH MASALALARI	311-317
Komilov Abdullajon Odiljon o'g'li, Nur diodlarining ulanish sxemalari va ishlash rejimlari	318-321
Zulunov Ravshanbek Mamatovich, Samatova Zarnigor Nematovna, KIBER XAVFSIZLIK MUAMMOLARI VA UNI TA'MINLASH USULLARI	322-326
Nabijonov Ravshanbek Muxammadjon o'g'li, Nabiyeu Iskandar Farxodjon o'g'li, Nabiyeua Maysaraxon Shuhratjon qizi, ISHLAB CHIQUARISH KORXONALARIDA PAST MALAKALI ISHCHILAR VA ROBOTLAR O'RTASIDAGI FARQLARNI TAHLIL QILISH	327-329
Soliev Bakhromjon Nabijonovich, Real-Time Moving Object Detection from Video Streams in Python: Techniques and Implementation	330-335
Zulunov Ravshanbek Mamatovich, Soliev Bakhromjon Nabijonovich, Ermatova Zarina Qakhramonovna, Enhancing Clarity with Techniques for Recognizing Blurred Objects in Low Quality Images Using Python	336-340

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ РЕКТИФИКАЦИИ НЕФТИ

**Якубов Максадхан Султаниязович**

Ташкентский университет информационных  
технологий имени Мухаммада ал-Хоразмий, доктор  
технических наук, профессор

**Хошимов Баходиржон Муминжонович**

Ташкентский университет информационных  
технологий имени Мухаммада ал-Хоразмий, докторант  
bxoshimov89@gmail.com

**Узаков Барҳайтжон Мухаммадиевич**

Ташкентский университет информационных  
технологий имени Мухаммада ал-Хоразмий, докторант  
barhayotuzoqov@gmail.com

**Аннотация.** В статье анализируются проблемы применения существующих методов и алгоритмов на атмосферных ректификационных установках малой мощности путем совершенствования системы управления с целью максимизации извлечения светлых нефтепродуктов постоянного качества в условиях колебаний расхода. Проведен анализ процесса переработки нефти в малотоннажных атмосферных дистиляционных установках как объекта управления и современного состояния управления этим процессом. Разработаны математические модели процесса переработки нефти в малотоннажных атмосферных дистиляционных установках, моделирование процесса переработки нефти и методы стабилизации промежуточных параметров.

**Ключевые слова.** Нефтепродукты, объект управления, процесс ректификации, атмосферный блок, стабилизация параметров, математические модели, упрощенное управление.

**Введение.** Проблемой современной нефтеперерабатывающей промышленности является повышение качества и увеличение выхода светлых нефтепродуктов и, следовательно, экономической эффективности их производства. Это возможно не только за счет модернизации установок, но и путем создания высокоэффективных автоматических систем управления (АСУ) процессами нефтепереработки.

Однако необходимость лабораторного анализа качества нефтепродуктов вынуждает использовать упрощенные алгоритмы управления, способные работать на основании данных, поступающих с большой задержкой. Кроме того, объект управления (ректификационная колонна и вспомогательные аппараты) является многопараметрическим. Использование традиционных одноконтурных и каскадно-

комбинированных АСУ здесь сопряжено с необходимостью «развязывать» контуры управления через многочисленные компенсаторы, что затруднительно на практике.

Проблемы повышения качества управления обостряются в условиях малых нефтеперерабатывающих заводов (МНПЗ), вносящих существенный вклад в экономический и социальный рост страны и регионов. МНПЗ придают экономике государства гибкость, служат стратегически важным антимонопольным целям. В Узбекистане нет государственной стратегии развития предпринимательства в области нефтепереработки, государство ориентировано исключительно на поддержку крупных структур в нефтяном бизнесе. Поэтому в условиях МНПЗ сложнее производить исследовательские работы. Кроме того, не имея собственной добывающей



базы, МНПЗ вынужден закупать нефть партиями у разных добывающих организаций, в связи с чем на переработку часто поступает сырье с разным составом. Поэтому МНПЗ необходимы АСУ, оперативно адаптируемые к составу входящей нефти.

**Материал и методы.** В нашем исследовании объектом управления является атмосферная установка ректификации нефти малой мощности. Основным аппаратом установки является атмосферная колонна, к вспомогательным аппаратам относятся аппарат воздушного охлаждения, флегмовая емкость, отпарная колонна.

Можно выделить следующие особенности объекта.

Переменный состав и расход сырья (нефти). Нефть поступает на переработку маломощной установки из разных месторождений и различными способами: железнодорожным, автомобильным транспортом, в меньшей степени по трубопроводу. Поэтому ее состав может меняться на 10-15 % и более в течение месяца, в отличие от крупнотоннажных установок, которые подключены к магистральному трубопроводу[1].

Конструктивные особенности атмосферной колонны установки ректификации нефти малой мощности: наличие накопительной («глухой») тарелки (не имеющей перелива на нижележащую тарелку). Отбираемая с нее боковая фракция поступает на орошение нижней части атмосферной колонны. Стандартные схемы отвода тепла с промежуточным циркуляционным орошением (как в крупнотоннажной установке) не применяются. Это приводит к другим процессам теплообмена и другим взаимосвязям между параметрами объекта (рисунок 1). Взаимосвязи расходов промежуточных циркуляционных орошений и температур отбираемых фракций отсутствуют. Но присутствуют взаимосвязи между расходами отбираемых фракций и температурами по профилю колонны. Конструктивные особенности приводят к запаздыванию по каналам управления температурой на отборных тарелках.

Возмущающие воздействия - расход сырья (измеряется непрерывно), фракционный состав сырья - не измеряется, фракционный состав выходных величин определяется лабораторным способом с частотой 1 раз в сутки, режимные параметры измеряются непрерывно.

Основная цель управления - достижение максимального отбора нефтепродуктов заданного фракционного состава в условиях переменного расхода и состава сырья.

Критерий оптимизации - отбор на нефть (или относительный отбор, %) светлых нефтепродуктов (бензиновой фракции и дизельного топлива):

$$\Phi = F1 + F2 \quad (1)$$

Выбор такого критерия обусловлен необходимостью более полного извлечения из нефти потенциала светлых нефтяных фракций.

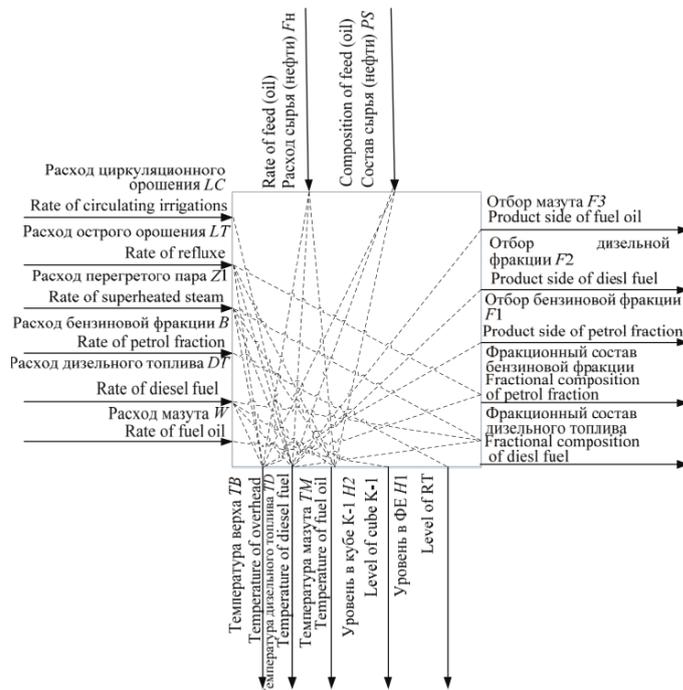


Рисунок 1 - Взаимосвязи параметров объекта управления

Задача управления атмосферной установкой ректификации нефти малой мощности формулируется следующим образом: найти оптимальные решения по управлению атмосферной установкой ректификации нефти малой мощности, при которых достигается



максимум отбора нефтепродуктов  $\Phi$  с учетом воздействия возмущений  $V$  и заданных ограничений на фракционный состав  $Q$ :

$$F(TB, TD, TM, F_n, PS, Tkkdt, Tnkdt, Tkkb, LT^*, DT^*, Z1^*) \rightarrow \Phi$$

$$\{LT, DT, Z1\} \in U \quad (2)$$

при условиях:

$$\{LT, DT, Z1\} \in U;$$

$$\{TB, TD, TM\} \in T;$$

$$\{F_n, PS\} \in V;$$

$$\{Tkkdt, Tnkdt, Tkkb\} \in Q;$$

где  $\{LT, DT, Z1\}$  – решения по управлению;  $U$  - вектор управляющих воздействий;  $T$  - вектор температур на выходе атмосферной колонны;  $V$  - вектор возмущающих воздействий;  $Q$  - вектор фракционного состава.

Анализ существующих подходов к контролю атмосферных установок в нефтепереработке показывает, что применяемые в них методы контроля не стабилизируют показатели качества нефтепродуктов и не вполне эффективны в условиях возмущающих факторов (расход сырья, состав сырья) и взаимосвязи параметров.

Исходя из выявленных недостатков, можно сделать вывод, что основными причинами сложившейся ситуации являются отсутствие оперативного контроля показателей качества светлых нефтепродуктов (когда операторы уже не в состоянии корректировать качество произведенной за этот период продукции и результаты лабораторного контроля) и отсутствие систем контроля для корректировки нарушений и перекрестных связей. Это возможно [2]. Для объектов с большим числом параметров применение схем с компенсаторами возмущений или компенсаторами перекрестных связей на практике затруднительно. Для нелинейных многомерных объектов (например, ректификационных установок атмосферного масла) такие системы обеспечивают необходимое качество регулирования только при малых возмущениях.

Анализ показал, что совершенствование управления технологическими процессами на нефтеперерабатывающих заводах должно осуществляться в использовании систем управления:

- расчетные значения показателей качества нефтепродуктов, полученные виртуальным анализатором качества, с учетом особенностей технологического процесса;
- промежуточные параметры контура управления, улучшающие динамические характеристики;
- управляющие воздействия, определяемые моделью процесса с учетом взаимосвязи параметров (при применении таких управлений не требуется дополнительных технических средств, а полученная модель может быть использована в качестве надстройки существующей АСУ).

Сущность предлагаемого решения заключается в следующем.

Для достижения поставленных целей предлагается принцип управления атмосферными нефтеперерабатывающими установками:

- 1) сведение контрольной работы по извлечению нефтепродуктов заданного фракционного состава к контролю температурного режима оборудования;
- 2) стабилизация промежуточных параметров.

1. Температурный контроль установки осуществляется путем воздействия на заданную температуру пробоотборной пластины. В этом случае уставка температуры рассматривается как управляющее воздействие.

В зависимости от состава нефти температура пробоотборной тарелки атмосферной колонны меняется. В результате для решения первой задачи необходимо построить модель, позволяющую осуществлять прямой переход от содержания фракций в нефти к контролируемой температуре. ИТК нефти определяет потенциальное содержание фракций в нефти и физико-химические свойства нефтяных фракций. Для решения первой задачи необходимо построить статическую модель с  $F=f(T(PS))$ , аналогичную модели ИТК для нефти [3].



2. Задача температурной стабилизации пробоотборной тарелки заключается в поддержании температуры бензиновой фракции ТВ, температуры дизельного топлива ТД и температуры мазута ТМ на выходе из атмосферной колонны на заданных значениях при нарушениях режима, связанных с изменением расхода сырья. Для решения этой задачи необходимо разработать динамическую модель процесса нефтепереработки и модель показателей качества нефтепродуктов.

Важным свойством нефти является ее фракционный состав, который определяется предельной температурой кипения нефтяной фракции при соответствующей просадке. Этот показатель используется для определения потенциального содержания целевой фракции в нефти. Для аппроксимации кривой истинной температуры кипения (ТВР) использовались данные заводской лаборатории по перегонке девонской нефти.

Для того чтобы связать качество продукции с непосредственно измеряемыми техническими параметрами, была выявлена зависимость показателей качества нефтепродуктов (температуры начала и конца кипения нефтяных фракций) от технических параметров. Исходными данными послужили технологические карты малотоннажного атмосферного завода и результаты химического анализа лаборатории МНПЗ за период 2021-2023 гг. (фракционный состав нефтепродуктов, содержание нефти и т.д.).

Для расчета уравнений статической модели ректификации применялся метод трехдиагональной матрицы (*Bubble Point* (BP)-метод). Алгоритмы расчета статического режима реализованы в пакете *Matlab*.

Достоверность модели оценивалась путем сравнения с номинальным статическим режимом на объекте. Были измерены расхождения между моделью и измеренными температурами на высоте атмосферного столба (температуры бензина, дизельной фракции и мазута). Относительная погрешность полученных моделей не превышает 4,2 %. Статическая модель содержит большое

количество уравнений, которое увеличивается с ростом числа компонентов в исходной смеси или тарелке. Применительно к предлагаемой концепции управления для управления процессом переработки в атмосферных ректификационных установках для малообъемных нефтей можно использовать температуру не на всех тарелках, а на отдельных тарелках для бензина, дизельной фракции и мазута. Поэтому предлагается использовать модель поперечного сечения, учитывающую температуру только на тарелке отбора и в верхней части колонны.

Модель поперечного сечения позволяет перейти от фракционной скорости перегонки нефти к непосредственно контролируемой температуре. Полученные модели сечений необходимы для задания заданных температур системы термостатирования для верхней части колонны и тарелки отбора проб. Трудоемкость расчета невелика, и можно получить результаты с относительной погрешностью не более 5 %. Для решения задачи стабилизации температурного профиля атмосферной колонны была разработана динамическая модель процесса ректификации.

Динамическая модель представляет собой общую, компонентную систему обыкновенных дифференциальных уравнений для балансов массы и тепла для всей тарелки, которая также является уравнением парожидкостного равновесия. Уравнения равновесия получены с учетом циркуляционного орошения, отбора побочных фракций нефти, подачи перегретого пара и отбора воды.

Уравнения общего материального (3) и покомпонентного (4) баланса тарелки:

$$\frac{d(M_{L,i} + M_{V,i})}{dt} = L_{i+1} + V_{i-1} + F_i^L + F_i^V - (L_i + L_{S_i}) - (V_i + V_{S_i}) \quad (3)$$



$$\begin{aligned} & \frac{d(M_{L,i}x_{ij} + M_{V,i}y_{ij})}{dt} \\ & = L_{i+1}x_{i+1,j} + V_{i-1}y_{i-1,j} \\ & + e_{мл} \sum_{k=1}^{NF} \frac{P_{fk}}{P_i} F_k x_{fk} + \\ & + (1 - e_{\mu} \sum_k F_k x_{fk} - (L_i + L_{S_i})x_{i,j} \\ & - (V_i + V_{S_i})y_{i,j} \end{aligned} \quad (4)$$

где  $M_{L,i}, M_{V,i}$  – удерживающая способность по жидкости и пару, кмоль;  $L_i, V_i$  – поток жидкости и пара на  $i$ -ой тарелке, кмоль/с;  $F_i^L, F_i^V$  – поток питания в виде жидкости и пара, поступающий на  $i$ -ую тарелку, кмоль/с;  $y_{i,j}, x_{i,j}$  – мольная доля пара и жидкости на  $i$ -ой тарелке;  $V_{S_i}, L_{S_i}$  – отбор потока пара и жидкости с  $i$ -ой тарелки, кмоль/с;  $e_{мл}$  – доля паровой фазы питания;  $P_{fk}$  – давление насыщенных паров чистого компонента, кПа;  $P_i$  – давление на  $i$ -ой тарелке, кПа;  $F_k$  – поток питания, кмоль/с;  $x_{fk}$  – состав жидкой фазы питания.

Принимаем допущение, что  $V_{i-1} = V$ . Удерживающая способность по пару принимается нулевой ( $M_{V,i}=0$ ).

Тепловой баланс определяется уравнением:

$$\begin{aligned} \frac{d(M_{L,i}h_{Li})}{dt} & = L_{i+1}h_{L,i+1} + V_{i-1}h_{y,i-1} + Q_{fi} + Q_i \\ & - (L_i + L_{S_i})h_{L,i} \\ & - (V_i + V_{S_i})h_{y,i} \end{aligned} \quad (5)$$

где  $h_{L,i}, h_{y,i}$  – энтальпии жидкости и пара, поступающих на  $i$ -ую тарелку, Дж/моль;  $Q_{fi}$  – поступление тепла с питанием, Дж/с;  $Q_i$  – количество тепла, подаваемого или отводимого с  $i$ -ой тарелки, Дж/с.

Принимая теплоемкость постоянной, можно записать уравнения для температуры по высоте колонны:

$$\frac{dT_i}{dt} = \left( \frac{d(M_i h_i)}{dt} - h_i \frac{dM_i}{dt} \right) / (M_i c_i) \quad (6)$$

При решении систем уравнений динамической модели применялись следующие

способы: «решатель» *ode15s*, явный метод Эйлера второго порядка,  $S$ -функция *Simulink*.

На рисунке 2а приведен пример полученных результатов моделирования с применением *Matlab* с помощью «решателя» *ode15s* для атмосферной установки ректификации нефти при изменении расхода сырья на 10 %. [4] На рисунке 2б приведен результат моделирования с помощью  $S$ -функции также при изменении расхода сырья на 10 %. Так как значения температур на всех тарелках не нужны, то выведены только температуры на отборных тарелках.

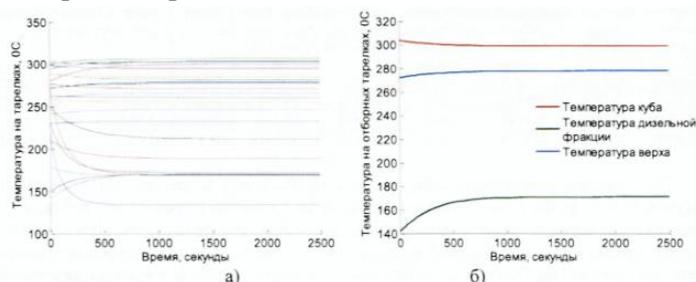


Рисунок 2 - Переходные процессы по температурам на тарелках, полученные: а) с помощью «решателя» *ode15s*; б) с помощью  $S$ -функции

Максимальная относительная погрешность модели не превышает 6,2%. Полученная динамическая модель процесса нефтепереработки используется для выбора динамического канала управления, проведения "виртуальных экспериментов" для получения переходных характеристик для параметрической идентификации целевой модели по каналам возмущений, получения нелинейной модели Хаммерштейна, реализованной в виртуальном контроллере, управления атмосферной установкой маломощного нефтеперерабатывающего алгоритм [5].

В качестве объекта управления анализируется процесс переработки нефти на атмосферных нефтеперерабатывающих заводах. Исследовано влияние управляющих параметров и потенциального содержания фракции в сырье на промежуточные и выходные параметры. На статической модели исследуется влияние



управляющих параметров (расхода орошения, расхода перегретого пара и расхода фракции) и потенциального содержания фракции в сырье на температурный профиль колонны, а также влияние температурного профиля на температуру конца кипения бензиновой фракции и дизельного топлива, определяющих состав этих фракций.

С помощью секционной модели исследовано влияние изменения потенциального содержания фракций в нефти на температурный профиль (при постоянных значениях расхода нефти и управляющих величин) (таблица 1).

Таблица 1 - Результаты расчета секционной модели

Количество нефтяных фракций, кг/100 кг сырья				Флегмовое число	Внутреннее орошение с тар. -кц 13, кг	Внутреннее орошение с тар. -кц 8, кг	ЦО2, кг	ЦО1, кг
Бензин	Дизель	Газойль	Мазут					
1	2	3	4	5	6	7	8	9
15.9954	27.4778	6.7660	51.4210	1.1950	22.4299	27.5145	24.3224	15.1092
14.5216	26.9082	6.7660	51.4210	1.1634	22.2856	27.5145	24.8554	15.0537
13.3253	29.2924	5.7660	51.4210	1.0785	16.2349	18.8278	23.1791	15.2549

продолжение									
Флегма в отпарную колонну, кг	Сумма фракций в сырье, кмоль	Количество на тарелке отбора бензина, кмоль	Количество на тарелке отбора диз. топлива, кмоль	Количество на тарелке выхода ЦО, кмоль	Температура бег. фракции на выходе АВО, °С	Температуры на тарелках, °С			
						Мазут	Газойль	Дизель	Бензин
10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
28.3623	0.4538	0.4538	0.4538565	0.4538	39.5991	311.6202	237.0947	135.9782	311.6202
27.5530	0.4419	0.4419	0.4419	0.4419	37.1554	340.9536	313.4820	231.3046	133.3588
29.8899	0.4419	0.4419	0.4419	0.4419	41.5313	343.2377	309.1838	241.6516	136.7656

При уменьшении содержания светлых (бензиновой и дизельной) фракций в нефти с 43,4 % до 41, 5 % и уменьшении расхода орошения (строка 1 и 2 таблицы 1) температуры верха колонны и выхода дизельной фракции снижаются. При увеличении содержания светлых фракций в нефти с 41,5 % до 42, 5 % снижении содержания фракции газойля на 1 % (строка 3) температуры верха колонны и выхода дизельной фракции возрастают, а температура на тарелке газойля незначительно снижается.[6]

Параметрическая чувствительность атмосферной установки была проанализирована с помощью динамической модели. На основе динамической модели были выбраны следующие каналы управления: поток орошения - температура верха башни; поток дизельной фракции - температура дизельной фракции; поток перегретого пара - температура низа башни [7].

С целью реализации динамической модели в контроллере составлена модель Гаммерштейна, содержащая линейную (ЛЧ) и нелинейную части (НЧ1, НЧ2, НЧ3) (рисунок 3).



Рисунок 3 - Структура модели Гаммерштейна Нелинейная часть аппроксимирована кубической параболой:

$$y = k1 \cdot x + k2 \cdot x^3$$

Модель Гаммерштейна представлена в следующем виде:

$$T1 = W_{11}(p)F(LT) + W_{12}(p)F(DT) + W_{13}(p)F(VB);$$

$$T2 = W_{21}(p)F(LT) + W_{22}(p)F(DT) + W_{23}(p)F(VB); \quad (7)$$

$$T3 = W_{31}(p)F(LT) + W_{32}(p)F(DT) + W_{33}(p)F(VB);$$

где  $W_{ij}(p)$  – передаточная функция от  $j$ -го входа к  $i$ -му выходу;  $F(LT)$ ,  $F(DT)$ ,  $F(VB)$  - нелинейности;  $T_i$  – выходной параметр (температуры на отборных тарелках). Согласно (7) в *Simulink* реализована MIMO-структура, содержащая 3 входа - 3 выхода.

Задачу управления температурным режимом установки формулируем следующим образом. [8] Необходимо определить вектор температур, отбираемых нефтяных фракций в зависимости от состава нефти (потенциального содержания фракций в нефти), при котором целевая функция  $\Phi$  достигает максимального значения:

$$F(TB^*, TD^*, TM^*, T_{LC}, F_n, PS, Tkkdt, Tnkdt, Tkkb, L) \quad \{TB, TD, TM\} \in T \quad (8)$$

выполняются связи в форме уравнений секционной модели и аппроксимации кривой истинных температур кипения (ИТК) нефти при ограничениях:



$$\underline{Q}_s \leq Q_s \leq \overline{Q}_s, s = \overline{1,3}; \quad (9)$$

$$(T_{kbb} - T_{nkdt}) \leq \Delta T;$$

$$\underline{PS} \leq PS \leq \overline{PS}; F_H \leq F_H \leq \overline{F}_H; \quad (10)$$

$$\underline{U}_l \leq U_l \leq \overline{U}_l, l = \overline{1,3};$$

$$\underline{T}_j \leq T_j \leq \overline{T}_j, j = \overline{1,3}; \quad (11)$$

где  $Q$  - вектор фракционного состава;  $T_{kbb}$  - температура начала кипения дизельного топлива;  $T_{nkdt}$  - температура конца кипения бензиновой фракции;  $U$  - вектор управляющих воздействий;  $F_H$  - расход сырья (нефти);  $PS$  - состав сырья (нефти);  $T$  - вектор температур на выходе атмосферной колонны [9].

Задачу стабилизации температур на отборных тарелках формулируем следующим образом. Для заданного интервала причинных воздействий (расход нефти, скорость потока нефти, поступающей в установку атмосферной перегонки нефти  $F_H$ ) [10] необходимо определить вектор воздействия управления  $U=(LT, DT, Z1)$ , при котором достигается минимум невязки

$$S = \sum_{i=1}^m (T_i - T_{zi})^2$$

в виде уравнения переменной формы процесса дистилляции, для достижения желаемых результатов, моделей показателей качества нефтепродуктов и ограничений на показатели качества нефтепродуктов  $Q$  и наложения (пересечения) соседних фракций  $(T_{kbb}-T_{nkdt})$  (9), ограничений на возмущающие  $PS, F_H$  и управляющие воздействия  $U$  (10), ограничений на режимные параметры  $T$  (11):

$$F(TB^*, TD^*, TM^*, F_H, PS, T_{kkdt}, T_{nkdt}, T_{kbb}, LT^*, DT^*, Z1^*) = \min S$$

$$\{LT, DT, Z1\} \in U \quad (12)$$

где  $m$  - число точек температурного профиля (температура вверху колонны, дизельного топлива, мазута),  $T_i, T_{zi}$  - текущие и заданные температуры отбираемых фракций.

**Результаты.** Разработан алгоритм решения задачи управления (рисунок 4) и структурно-

функциональная схема задачи управления (рисунок 5).

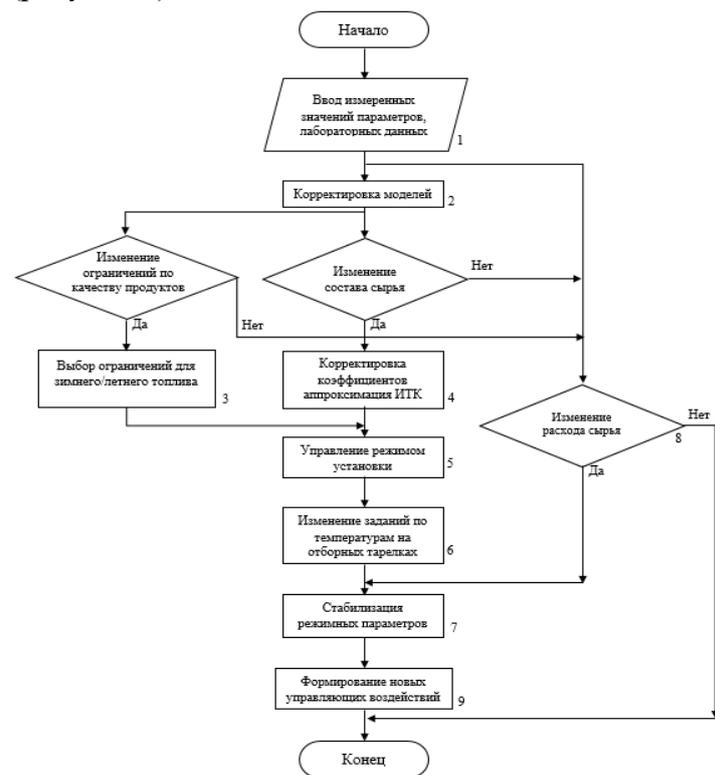


Рисунок 4 – Алгоритм решения задачи управления

Решение рассчитывает погрешности, которые можно отслеживать (измерять) (расход сырья) и погрешности, которые не учитываются датчиком (состав сырья). Включаются зарегистрированные данные контроля и вмешательства: расход продукта, расход дизельного топлива, расход на орошение, расход перегретого пара. Химико-аналитическая лаборатория установки (ХАЛ) раз в сутки получает данные из базы данных Excel: фракционный состав бензина, дизельного топлива. По правилу наблюдения (8), аппроксимации ИТК, включая ограничения (9)-(11), при реализации формул модели поперечного сечения определяются наиболее благоприятные критерии температуры указанных фракций. При изменении расхода продукта или при изменении показаний температуры тепла на заданных пластинах по параметрическому критерию (12) определяют расход орошения, дизельного топлива, перегретого пара (управление с помощью



переменных модельных воздействий), что обеспечивает критерий в наименьшем размере. (12) (9) – (11) для текущего объема потребления продуктов при реализации запретов. Обнаруженный расход передается на исполнительные механизмы.



Рисунок 5 - Функционально-структурная схема решения задачи управления

Приведена реализация системы управления и результаты исследования. Реализация АСУ включает OPC-сервер CoDeSys, связанный с контроллером CoDeSys SP PLCWinNT через общий шлюз TCP/IP. Список переменных для обмена формируется в контроллере. Matlab и SCADA являются OPC-клиентами. Произведена настройка связи по OPC, запущена система, установлена связь между всеми компонентами системы управления и проведены эксперименты при изменении заданий по температурам и изменении расхода сырья. Визуализация процесса управления выполнена в Trace Mode 6.0 (рисунок 6).

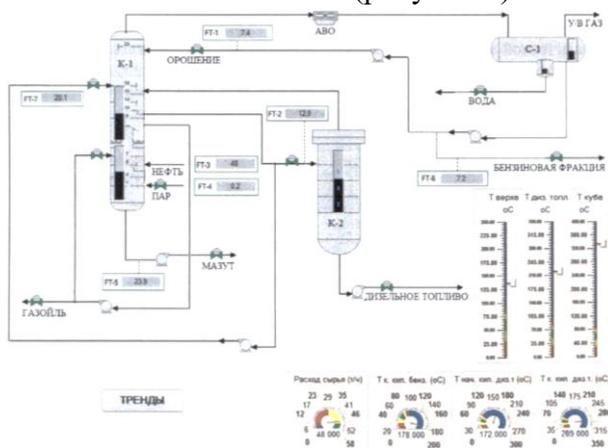


Рисунок 6 - Мнемосхема процесса в TraceMode 6

**Заключение.** Рассмотрены характеристики процесса нефтепереработки в атмосферной установке малой производительности как объекта управления и проанализирована связь между управляющими, возмущающими, промежуточными и выходными величинами. Сформулирован принцип управления малотоннажной атмосферной нефтеперерабатывающей установкой, появится возможность реализовать вопрос высокоуровневого определения легкого нефтяного сырья в партиях, определяемых фракционным составом перегонки. Разработаны вариативная и неизменяемая модели реализации малых нефтеперерабатывающих заводов. Рассчитать физико-химические свойства сырья и исследовать взаимосвязь между фракционным составом сырья и выбором нефтепродуктов,

- определить показатели качества нефтепродуктов по техническим параметрам; и
- исследовать чувствительность выходных величин к переходным процессам и управляющим воздействиям,
- изучить критерии контроля и потенциальный состав фракций в продукте, влияние температурного процесса колонны, а также влияние теплового режима на фракционный состав светлых нефтепродуктов.

При испытании разработанной системы управления на действующей технологической установке отбор светлых фракций увеличился на 2,6 %, снизились температуры конца кипения бензиновой фракции (до диапазона 168-175 °С) и дизельной фракции (до диапазона 316-324 °С), интервал пересечения температур бензиновой и дизельной фракции снизился с 11 °С до 5 °С.

Список литературы

1. Тугашова Л.Г. Исследование возможности управления процессом ректификации нефти с применением типовых регуляторов / Л.Г. Тугашова // Вестник ЮУрГУ. Серия



- «Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника». - 2016. - Т. 16. - № 3. - С. 120-131.
2. Тугашова Л.Г. Система управления колонной ректификации / Л.Г. Тугашова, М.А. Ураксеев // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика.- 2009. - № 9. - С. 1-7.
  3. Затонский А.В. Управление атмосферной колонной малого нефтеперерабатывающего завода с применением динамической модели / А.В. Затонский, Л.Г. Тугашова // Интернет-журнал «Науковедение». - 2017. - Том 9. - №1. - С. 71 - URL:<https://www.naukovedenie.ru/PDF/71TVN117.pdf>
  4. Тугашова Л.Г. Управление объектами переработки нефти по модели / Л.Г. Тугашова, К.Л. Горшкова // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. Тюменский индустриальный университет. - 2017. - № 2. - С. 78-82.
  5. Куракин В.И., Абрамчикова Н.В. Анализ особенностей формирования структуры нефтегазовой отрасли в России // Экономические науки. - 2021. — № . 195. — С. 101–108.
  6. Бебихов Ю.В., Семёнова М.Н., Голиков В.В., Павлова С.Н. Проектирование и разработка инновационной автоматической системы биологической очистки сточных вод // Инновации и инвестиции. - 2021. - № 7. - С. 136-142.
  7. Нефтегазовый информационный портал / Ректификация нефти. [Электронный ресурс]. Режим доступа: [http://www.neft-product.ru/info\\_detail-110.html/](http://www.neft-product.ru/info_detail-110.html/) (дата обращения: 01.03.2024).
  8. Портал открытых данных АО «Узбекнефтегаз» / Выполнение ключевых показателей АО «Узбекнефтегаз» по итогам 1 квартала 2024 года [Электронный ресурс] <https://www.ung.uz/open-data/18/sub/42/1>
  9. Использование термодинамических зависимостей при управлении ректификационной колонной на установке замедленного коксования / С.Н. Кондрашов [и др.] // Автоматизация в промышленности. - 2016. – № 2. – С. 32–35.
  10. Сайт «Большая энциклопедия нефти и газа». [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.ngpedia.ru/id397707p1.html/> (дата обращения: 01.03.2023).

