

**O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI  
OLIV TA‘LIM, FAN VA INNOVATSIYALAR VAZIRLIGI  
ANDIJON MASHINASOZLIK INSTITUTI**

**MASHINASOZLIK  
ILMIY-TEXNIKA JURNALI**

\*\*\*

**МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ, НАУКИ И ИННОВАЦИЙ  
РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН  
АНДИЖАНСКИЙ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ**

**НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ  
МАШИНОСТРОЕНИЕ**

\*\*\*

**MINISTRY OF HIGHER EDUCATION, SCIENCE AND INNOVATIONS REPUBLIC  
OF UZBEKISTAN  
ANDIJAN MACHINE-BUILDING INSTITUTE  
SCIENTIFIC AND TECHNICAL JOURNAL  
MACHINE BUILDING**

*O‘zbekiston Respublikasi Vazirlar mahkamasi huzuridagi Oliy attestatsiya komissiyasi (OAK) Rayosatining 2021-yil 30-dekabrda 310/10-son qarori bilan Andijon mashinasozlik institutining “Mashinasozlik” ilmiy-texnika jurnali “TEXNIKA” va “IQTISODIYOT” fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD) va fan doktori (DSc) ilmiy darajasiga talabgorlarning dissertatsiya ishlari yuzasidan asosiy ilmiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan ilmiy nashrlar ro‘yxatiga kiritilgan.*

Ushbu jurnalda chop etilgan materiallar tahririyatning yozma ruxsatisiz to‘liq yoki qisman chop etilishi mumkin emas. Tahririyatning fikri mualliflar fikri bilan har doim mos tushmasligi mumkin. Ilmiy-texnika jurnalida yozilgan materiallarning haqqoniyligi uchun maqolaning mualliflari mas‘uldirlar.

---

MASHINASOZLIK  
ILMIY-TEXNIKA JURNALI

**Bosh muharrir:**

U.M.Turdialiyev – texnika fanlari doktori, k.i.x.

**Mas’ul muharrir:**

U.A.Madrahimov – iqtisodiyot fanlari doktori, professor.

**T A H R I R H A Y ’ A T I**

Negmatov Soyibjon Sodiqovich – texnika fanlari doktori, professor O‘ZRFA akademigi (TDTU);  
Abralov Maxmud Abralovich – texnika fanlari doktori, professor (TDTU);  
Dunyashin Nikolay Sergeevich – texnika fanlari doktori, professor (TDTU);  
Norxudjayev Fayzulla Ramazanovich – texnika fanlari doktori, professor (TDTU);  
Pirmatov Nurali Berdiyrovich – texnika fanlari doktori, professor (TDTU);  
Salixanova Dilnoza Saidakbarovna – texnika fanlari doktori, professor (O‘ZRFA UNKI);  
Siddikov Ilxomjon Xakimovich – texnika fanlari doktori, professor (TIQXMMI);  
Fayzimatov Shuhrat Numanovich – texnika fanlari doktori, professor (FarPI);  
Xakimov Ortiqali Sharipovich – texnika fanlari doktori, professor (Standartlashtirish, sertifikatlashtirish va texnik jihatdan tartibga solish ilmiy-tadqiqot instituti);  
Xo‘jayev Ismatillo Qo‘shiyevich – texnika fanlari doktori, professor (Mexanika instituti);  
Ipatov Oleg Sergeyevich – professor (Sankt-Peterburg politexnika universiteti, Rossiya);  
Naumkin Nikolay Ivanovich - p.f.d., t.f.n., professor. (Mordov milliy tadqiqot davlat universiteti, Rossiya);  
Aliyev Suxrob Rayimjonovich – fizika-matematika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD), dotsent (AndMI);  
Shen Zhili – professor (Shimoliy Xitoy texnologiyalar universiteti, Xitoy);  
Hu Fuwen – professor (Shimoliy Xitoy texnologiyalar universiteti, Xitoy);  
Won Cholyeon – professor (Janubiy Koreya Milliy tadqiqotlar fondi, Janubiy Koreya);  
Celio Pina – professor (Setubal politexnika universiteti, Portugaliya);  
Ricardo Baptista – professor (Setubal politexnika universiteti, Portugaliya);  
Rui Vilela – professor (Setubal politexnika universiteti, Portugaliya);  
Dmitriy Albertovich Konovalov - t.f.n., professor (Voronej davlat texnika universiteti);  
Мухаметшин Вячеслав Шарифуллович – директор Института нефти и газа федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Уфимский государственный нефтяной технический университет» (филиал в г.Октябрьском), доктор геологоминералогических наук, профессор.  
Nimchik Aleksey Grigorevich – kimyo fanlari doktori, professor (TDTU Olmaliq filiali)  
Muftaydinov Qiyomiddin – iqtisodiyot fanlari doktori, professor (AndMI);  
Zokirov Saidfozil – i.f.d., (Prognozlashtirish va makroiqtisodiy tadqiqotlar instituti);  
Orazimbetova Gulistan Jaksilikovna - t.f.d., dotsent (AndMI)  
Jo‘raxonov Muzaffar Eskanderovich – iqtisodiyot fanlari bo‘yicha falsafa doktori (AndMI);  
Ermatov Akmaljon – iqtisodiyot fanlari nomzodi, dotsent (AndMI);  
Qosimov Karimjon – texnika fanlari doktori, professor (AndMI);  
Yusupova Malikaxon – iqtisodiyot fanlari nomzodi, dotsent (AndMI);  
Akbarov Xatamjon Ulmasaliyevich – texnika fanlari nomzodi, dotsent (AndMI);  
Mirzayev Otabek – texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD), (AndMI);  
Raxmonov O‘ktam Kamolovich – texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD), (TDTU, Olmaliq filiali);  
Xoshimov Xalimjon Xamidjanovich – texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD), (AndMI).  
Kuluyev Ruslan Raisovich - texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD), (TDTU).

**Texnik muharrir:**

B.Iminov – Andijon mashinasozlik instituti nashriyoti.

**Tahririyat manzili:** Andijon shahar, Bobur shox ko‘cha, 56-uy. **Tel:** +998 74-224-70-88 (1016)

**Veb sayt:** [www.andmiedu.uz](http://www.andmiedu.uz)

**e-mail:** [andmi.jurnal@mail.ru](mailto:andmi.jurnal@mail.ru)

*“Mashinasozlik” ilmiy-texnika jurnali O‘zbekiston Respublikasi Axborot va ommaviy kommunikatsiyalar agentligining 2020 yil 28- fevraldagi 04-53-raqamli guvohnomasiga binoan chop etiladi.*

<b>MUNDARIJA</b>	
<b>MASHINASOZLIK VA MASHINASHUNOSLIK. MASHINASOZLIKDA MATERIALLARGA ISHLOV BERISH. METALLURGIYA. AVIASIYA TEXNIKASI</b>	
Усовершенствованное устройство управления процесса ректификации <i>Мухитдинов Д.П., Султанов И.Р.</i>	5
Необходимость правильного подбора цвета специальной одежды работников машиностроительной отрасли <i>Араббаева Ф.У.</i>	15
Tabiiy tusdagi favqulodda vaziyatlarda texnik tizimlar faoliyatini takomillashtirish <i>Jalilov A. I.</i>	20
Asinxron motor validagi yuklama o'zgarishi asosida quvvatini avtomatik rostlash <i>Olimov J.S.</i>	25
Analysis of structural changes as a result of modifiers introduced in the process of liquefaction of gray cast iron <i>Xasanov J.N.</i>	34
Barmoqsimon frezalarda konturli ishlov berishning uzlukli rejimlarida kesilayotgan qatlam ko'ndalang kesim yuzasining va kesish kuchining o'zgarish xarakterlari <i>Umarov T.U., Baydullayev A.A.</i>	40
<b>ENERGETIKA VA ELEKTROTEXNIKA. QISHLOQ XO'JALIGI ISHLAB CHIQRISHINI ELEKTRLASHTIRISH TEXNOLOGIYASI. ELEKTRONIKA</b>	
Boshqaruv tizimining barqarorlik mezonlari va ko'rsatkichlari <i>Sabirov U.K.</i>	46
Вопросы управление массообменными процессами <i>Султанов И.Р.</i>	58
<b>QISHLOQ XO'JALIGI ISHLAB CHIQRISHINI MEXANIZATSIYALASH TEXNOLOGIYASI</b>	
Mahalliy xomashyolar asosida mineral kukunlarni olish texnologiyasini ishlab chiqish va tadqiq qilish <i>Ахмадҷонов М.А., Ubaydullayev M.M.</i>	68
Fermalarda sog'ilgan sut mahsulotini umumiy miqdorini monitoring qilish algoritmi <i>Safarov E.X.</i>	74
Qishloq xo'jalik texnikalarini atmosfera muhiti ta'sirida korroziyaga uchrab yemirilish jarayonining tahlili <i>Qosimov K.Z., To'raqulov A.X.</i>	80
Ikki qatlamli trikotaj to'qimalarida qatlamlarning biriktirish usulini trikotajni fizik-mexnik xususiyatlariga ta'sirini tadqiqoti <i>Karimov N.M.</i>	85
Kartoshka tuganaklarni elevatorlarda saralash bo'yicha nazariy tadqiqotlar tahlili <i>Bayboboev N.G., Do'smatov T.G', Qambarov E.A., Haydarov A.Q.</i>	91

Султанов Ильдар Рафкатович

*Андижанский машиностроительный институт- ст. преподаватель*

*E-mail: ryunusd@gmail.com, [tel:+998\(91\) 6026604](tel:+998916026604)*

## MASSA ALMASHINISH JARAYONLARINI BOSHQARISHDA AYIRIM SAVOLLAR

### ВОПРОСЫ УПРАВЛЕНИЕ МАССООБМЕННЫМИ ПРОЦЕССАМИ

### QUESTIONS MANAGEMENT OF MASS TRANSFER PROCESSES

**Annotatsiya.** Ushbu ishning maqsadi rektifikatsiya moslamasi yordamida ko'p komponentli azeotrop aralashmalarni alohida fraksiyalarga (mahsulotlarga) ajratish va energiya xarajatlarini kamaytirish jarayonini optimallashtirish va nazorat qilishdir. Taklif etilayotgan ishda erishilgan iqtisodiy samaraning omili boshqaruv tizimining optimal ish rejimlarini olish imkoniyati, shuningdek, tizimning ish rejimini o'zgartirishda yo'qotishlarni kamaytirish, shuningdek, energiya resurslarini tejash orqali iqtisodiy xarajatlarni kamaytirishdir. Bu ishda analitik modellashtirishdan foydalanilgan. Ko'p komponentli azeotrop va o'zaro ta'sir qiluvchi aralashmalarni alohida fraksiyalarga ajratishga qodir bo'lgan optimal boshqariladigan rektifikatsiya kollona ishlab chiqilgan.

**Kalit so'zlar:** rektifikatsiya, jarayon, matematik modellashtirish, nazorat, modernizatsiya, sxema.

**Аннотация.** Целью данной работы заключается в оптимизации и управлении процессом разделения многокомпонентных азеотропных смесей на отдельные фракции (продукты) при помощи ректификационной установки и снижении энергозатрат. Фактором экономического эффекта, достигаемым в предложенной работе, является возможность получения оптимальных режимов работы системы управления, а также снижение потерь при смене режима работы системы, а также снижение экономических затрат, путем экономии энергетических ресурсов. В работе использованы аналитическое моделирование. Разработано оптимально управляемая ректификационная колонна, способной разделять многокомпонентные азеотропные и взаимодействующие смеси на отдельные фракции, изготовлен экспериментальный образец оптимально управляемой ректификационной колонны, способной разделять многокомпонентные азеотропные и взаимодействующие смеси на отдельные фракции.

**Ключевые слова:** ректификация, процесс, математическое моделирование, управление, модернизация, схема.

**Abstract.** The purpose of this work is to optimize and control the process of separating multicomponent azeotropic mixtures into separate fractions (products) using a distillation unit and reducing energy costs. The factor of the economic effect achieved in the proposed work is the possibility of obtaining optimal operating modes of the control system, as well as reducing losses when changing the operating mode of the system, as well as reducing economic costs by saving energy resources. Analytical modeling was used in this work. An optimally controlled distillation column capable of separating multicomponent azeotropic and interacting mixtures into separate fractions has been developed; an experimental sample of an optimally controlled distillation column capable of separating multicomponent azeotropic and interacting mixtures into separate fractions has been manufactured.

**Key words:** rectification, process, mathematical modeling, control, modernization, scheme.

### **Введение.**

В нашей стране принимаются последовательные меры по увеличению объемов производства и расширению видов промышленной продукции, удовлетворению потребностей населения в товарах народного потребления.

Предусматривается создать единую систему локализации промышленного производства в республике, ускорить процессы локализации производства по отраслям и регионам, освоить выпуск комплектующих изделий, запасных частей и материалов за счет полного и эффективного использования производственных мощностей. мощностей, а также расширить кооперационные связи в отрасли и оптимизировать объемы импорта. [1,2]

Современные исследования в области теории и практики химической технологии направлены на создание научных основ энерго- и ресурсосберегающих процессов. В процессе функционирования массообменных процессов все более возрастающее значение приобретают информационные системы управления и передачи данных, что объясняется интенсивным развитием цифровой техники и способов обработки информации. В этой связи целесообразно применение методов математического моделирования в решении задач анализа и синтеза химико-технологических процессов, а также в задачах построения систем управления данными процессами. [1,7]

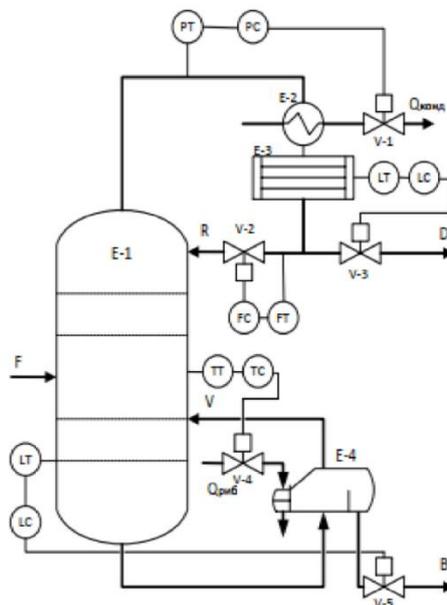
В последнее время в технологии управления сложными технологическими процессами, к которым относятся массообменные процессы, наметилась тенденция к использованию нечетких одномерных логических регуляторов. Уместно отметить, что многие объекты управления являются многомерными с многосвязанными регулируемыми параметрами и характеризуются рядом специфических особенностей [1,2,3], в частности, значительным взаимным влиянием контуров регулирования при поддержании значений технологических параметров в заданных диапазонах. Это означает, что при разработке многомерных регуляторов основной проблемой является учет перекрестных связей. При синтезе многомерных систем управления необходимо компенсировать взаимное влияние каналов регулирования за счет введения дополнительных компенсирующих связей [2]. Однако, как отмечается в работах[1], современные многомерные нечеткие и дискретно-логические регуляторы обладают большой погрешностью и низким быстродействием, что не позволяет с достаточной точностью устранить взаимное влияние контуров регулирования. Поэтому интеллектуальное управление массообменными процессами на основе многомерных четких логических регуляторов с компенсацией взаимного влияния контуров регулирования является актуальной научной проблемой, решение которой позволит повысить качество управления массообменными процессами.

Основными задачами в решении этой проблемы являются моделирование технологического процесса, оптимизация конструктивных и технологических параметров процесса на основе ее модели и его модернизация. Особое место в решении этой проблемы отводится управлению процессом. Объясняется это нелинейностью и многосвязностью процесса, не стационарностью поведения и влиянием на процесс возмущающих воздействий.

Статическая нелинейность проявляется в асимптотическом приближении к нулю уровня примесных компонентов в отбираемых продуктовых потоках.

Если рассматривать бинарную смесь, то уровень примеси в дистилляте — это концентрация тяжелокипящего компонента, а уровень примеси в кубовом продукте —

это концентрация легкокипящего компонента. Нелинейность динамики, т. е. изменения постоянных времени с размером и направлением изменения входного сигнала, и статическая нелинейность гораздо более выражены для колонн, производящих высокочистые продукты.



**Рисунок.1. Схема бинарной ректификации с одним входным потоком.**

Многосвязность имеет важное значение, когда контролируется состав как верхних, так и нижних продуктов.

Колонны подвержены влиянию различных возмущений, особенно изменению состава сырья и расхода питания. Нестационарное поведение связано с изменениями эффективности тарелки, вызванной неравномерностью потоков пара и жидкости в колонне или загрязнением. На эффективность работы ректификационной колонны влияют температура и давление в колонне, вид перерабатываемого сырья, технологический режим, работа САР и т. д.

Рассмотрим схему разделения смеси, состоящую из 2-х компонентов (бинарная ректификация). Схема бинарной ректификации с одним входным потоком и двумя разделенными продуктами показана на рисунке 1.:

На основе материального и энергетического балансов, сочетающих общий установившийся материальный баланс с балансом по легколетучему компоненту для бинарного разделения, можно записать:

$$\frac{D}{F} = \frac{z-x}{y-x} \quad (1)$$

- где: F – расход питания  
D – расход дистиллята  
y – концентрация в паровой фазе  
x – концентрация в жидкой фазе  
z – концентрация компонентов в питании  
Перегруппировка приводит к:

$$y = x + \frac{z-x}{\frac{D}{F}} \quad (2)$$

Это уравнение показывает, что по мере уменьшения расхода дистиллята  $D$  при сохранении постоянных  $F$ ,  $z$  и  $x$  чистота верхнего продукта  $y$  увеличивается. Аналогично, с увеличением величины отбора  $D$  его чистота уменьшается.

Поскольку в установившемся состоянии сумма отбираемых продуктовых потоков должна равняться расходу питания, один из продуктов разделения становится чище относительно другого. Эффект материального баланса, при котором концентрация примесей в отбираемом продукте напрямую зависит от расхода потока соответствующего продукта.

Другим ключевым фактором, влияющим на чистоту продукта, является подача энергии в куб колонны, от которой зависит скорость движения пара  $V$  вверх по колонне. По мере увеличения температуры в кубе колонны увеличивается ее разделительная способность, показателем которой является коэффициент разделения  $S$ , определяемый по уравнению:

$$S = \frac{y}{1-y} \frac{1-x}{x} \quad (3)$$

По мере снижения уровня примесей в продуктах  $S$  увеличивается.

Рассмотрим более подробно эффект влияния увеличения температуры в кубе колонны. Для этого рассмотрим движение пара и жидкости внутри колонны. Если поток  $V$  увеличивается, а отбор дистиллята  $D$  и кубового остатка  $B$  остаются постоянными, поток флегмы  $L$  увеличивается на ту же величину, что и поток пара  $V$ . В результате увеличивается флегмовое число. Увеличение потоков пара и жидкости внутри колонны вызывает уменьшение количества примесей в продуктах разделения при том же соотношении  $D/F$ . Оценивая реакцию колонны в контрольной точке, необходимо помнить, что ввод энергии в колонну обычно определяет степень разделения, которую может достичь колонна, в то время как материальный баланс определяет, как разделяемые продукты распределяются между двумя продуктовыми потоками.

Динамика изменения потоков пара и жидкости, влияющую на динамическое поведение состава компонентов по высоте колонны. Для всех колонн, кроме колонн очень высокого давления, т. е. колонн, работающих вблизи критического давления легколетучего компонента, изменение величины потока пара  $V$  в ребойлере сказывается в верхней части колонны всего за несколько секунд, в то время как для достижения ребойлера изменению скорости потока флегмы требует нескольких минут. Гидравлическая реакция тарелки зависит от накопления или истощения жидкости на ней. Гидравлическая постоянная времени для потока жидкости из тарелки обычно колеблется от 3 до 10 секунд. В результате для колонны с 50 или более тарелками общее время гидравлического отклика составляет порядка нескольких минут.

В качестве примера, показывающего различие эффектов динамики пара и жидкости, рассмотрим влияние увеличения температуры в кубе колонны.

Увеличение температуры в кубе колонны вызывает увеличение скорости поднимающегося вверх по колонне пара в то время, как поток жидкости, ниспадающий вниз по колонне, остается относительно постоянным, так как расход потока флегмы устанавливается регулятором уровня на разделительном сосуде.

В каждой секции ректификационной колонны соотношение  $L/V$  определяет ее разделительную способность. В результате увеличения расхода пара в колонне  $V$  концентрация примеси в отбираемом потоке сначала увеличивается. Увеличение

парового потока вызывает увеличение уровня в разделительном сосуде, что вызывает увеличение потока орошения  $L$ . По мере относительно медленного продвижения увеличенного количества флегмы вниз по тарелкам колонны увеличивается соотношение  $L/V$ , что приводит к уменьшению уровня примесей в верхнем продукте. Таким образом, разница в динамике жидкости и пара приводит к увеличению чистоты верхнего продукта.

Кроме динамики потоков пара и жидкости внутри колонны на качество отбираемых продуктов оказывают влияние изменение состава питания, его расхода и энтальпии, переохлаждение потока флегмы, потеря давления в ребойлере, нарушения давления в колонне.

Изменение состава питания является основным возмущающим фактором для системы управления. Изменение состава питания приводит к изменению профиля концентраций по высоте ректификационной колонны, приводящему к значительным изменениям составов отбираемых продуктовых потоков.

Из-за отсутствия в большинстве ректификационных установок непрерывных анализаторов состава питания изменения в составе питания рассматриваются как неизмеренные возмущающие сигналы. Поэтому разработка систем управления, чувствительных к переменному составу питания является значительной проблемой.

Расход питания в статической модели колонны с постоянной эффективностью тарелки подобен расходу питания реальной колонны. Изменение расхода питания приводит к изменению потоков внутри колонны, выводящих режим разделения из установившегося состояния и изменению эффективности тарелки [4]. Для устранения последствий изменения расхода питания в системе управления возможно использование соотношений  $L/F$ ,  $D/F$ ,  $V/F$  или  $B/F$

Динамическая компенсация обычно требуется для учета динамического несоответствия между реакцией состава продукта на изменения расхода подачи и реакцией на изменения в  $MVs$ . Когда определенные соотношения (например,  $L/D$ ,  $V/B$ ) используются в качестве  $MVs$ , эти соотношения в сочетании с регулятором уровня автоматически компенсируют изменения расхода подачи.

Изменение энтальпии потока питания в колоннах с низким коэффициентом флегмового числа могут значительно изменить скорости пара и жидкости внутри колонны, вызывая значительное изменение внутреннего профиля концентраций по высоте колонны и, следовательно, значительное отклонение от требуемого состава продукта. Отклонение энтальпии трудно поддается идентификации так как даже наличие датчика температуры потока питания не позволяет определить изменение энтальпии двухфазного питания [5]. Изменение энтальпии без детального исследования может быть принято, как изменение состава питания. Для поддержания постоянной энтальпии потока питания в колонну возможна установка дополнительного теплообменника для подогрева или охлаждения потока питания.

Переохлаждение флегмового потока при отсутствии внутреннего контроля может привести к серьезным нарушениям в работе колонны, вызванными значительными изменениями в профилях концентраций компонентов по высоте колонны [5].

При резком падении давления пара в коллекторе происходит резкое падение нагрузки ребойлера. Это приводит к резкому увеличению уровня примесей в продуктовых потоках. Когда давление парового коллектора возвращается к нормальному уровню, система контроля распределения компонентов по высоте колонны пытается вернуться к нормальной чистоте продукта. Если система управления составом колонны не настроена должным образом, рассогласование может быть ею усилено. В этом случае для стабилизации колонны требуется вмешательство оператора вплоть до отключения и перенастройки системы управления.

Давление в колонне оказывает прямое влияние на относительную летучесть ключевых компонентов в колонне, следовательно, изменения давления в колонне могут существенно повлиять на состав продуктовых потоков. Правильно реализованная схема регулирования давления поддерживает давление в колонне близко к заданному значению, только с кратковременными и низкоамплитудными отклонениями. Большой класс колонн (например, колонны нефтеперерабатывающего завода) работает при максимальной нагрузке конденсатора для максимального разделения колонн, что сводит к минимуму использование пара. В этих случаях давление в колонне увеличивается в течение дня, когда температура охлаждающей воды или окружающего воздуха наибольшая, и уменьшается ночью, при этом результирующие изменения давления должны быть достаточно медленными, чтобы система управления составом могла эффективно устранить это отклонение.

Неправильно функционирующие регуляторы расхода, уровня или давления могут подорвать эффективность регуляторов состава продуктовых потоков. Поэтому для управления продуктовыми потоками используются системы управления расходами продуктов, флегмы и теплоносителя, используемого в ребойлере. Их уставки определяются различными контроллерами уровня и состава.

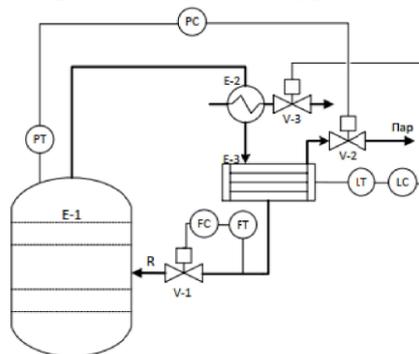
Регуляторы уровня используются для поддержания уровня в разделяющем сосуде, ребойлере. В работе [8] показано, что раздельный контроль уровня в разделяющем сосуде и ребойлере ухудшает задачу управления составом. При регулировании D или B внутренний поток пара и жидкости изменяется только после того, как соответствующий регулятор уровня действует в результате изменения D или B. С другой стороны, если регулятор уровня содержит дифференциальную составляющую, это может привести к колебаниям, передаваемым обратно в колонну, и способствовать неустойчивой работе. Когда режим работы ребойлера устанавливается регулятором уровня, он тоже может вызывать колебания в ребойлере, и циклическое давление в колонне.

Давление верха колонны действует как интегратор и определяется чистым накоплением материала в паровой фазе. Давление в колонне контролируется путем непосредственного изменения количества материала в паровой фазе верхнего слоя или путем изменения скорости конденсации верхнего слоя, которая преобразует пар низкой плотности в жидкость высокой плотности.

### Методы.

Для контроля давления в колонне можно использовать различные подходы, включая:

1. использование максимального расхода охлаждающей воды и обеспечение поддержания давления в колонне при минимальном уровне давления (рис. 2.)

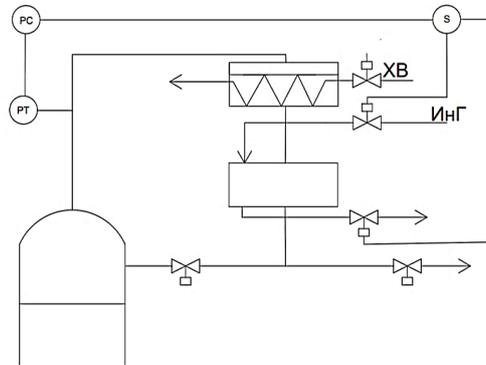


**Рисунок.2. Работа при минимальном давлении в колонне с максимальным расходом охлаждающей воды**



непосредственно регулируют количество пара в верхней части колонны для контроля давления.

Наиболее быстро реагирующими схемами регулирования давления (т. е. подходами, которые должны обеспечивать наиболее жесткий контроль до заданного значения) являются выходной поток (рис. 6) и выходной вентиляционный поток или впрыск инертного газа (рис.6).



**Рисунок 6. Конфигурация управления давлением в колонне с использованием выходного потока или впрыскивание инертного газа в качестве MV.**

Контроллер блокировки или выбора на рисунке 6 использует поток воздуха, когда измеренное давление выше заданного значения, и использует впрыск инертного газа, когда давление ниже заданного значения.

Скорость контуров регулирования давления, основанных на манипулировании потоком хладагента (рис. 3) и регулировании эффективной площади теплопередачи (рис.4.), реагирует значительно медленнее, поскольку оба этих подхода вносят изменения в скорость теплопередачи для изменения давления в колонне.

Процесс при минимальном давлении в колонне (рис. 2) позволяет колебаться давлению в колонне с максимальным давлением, обычно возникающим (при максимальной температуре воздуха), и минимальным давлением, возникающим (при минимальной температуре воздуха).

Применение даже самого лучшего высокоуровневого подхода к управлению процессом ректификации (например, модельного прогностического управления), как правило, будет неэффективным, если процесс не будет полностью изучен и не будет должным образом организован контроль за технологическим процессом.

### Расчеты.

Расчеты показали, что гидродинамический профиль в рассмотренных аппаратах устанавливается через 3 – 5 минут после нанесения возмущения, в то время как изменения концентраций на верхних и нижних тарелках, например, для колонны, только начинаются по истечении 45 минут и продолжаются в течение 35 часов. Следовательно, общая продолжительность переходного процесса в промышленных колоннах определяются, в первую очередь, продолжительностью стабилизации концентрационных и температурных профилей, деформация которых вызвана изменением соотношения между величинами основных гидродинамических потоков в аппарате.

Изменение концентрации исходной смеси практически сразу же вызывает деформацию концентрационных профилей как на тарелке питания, так и на близлежащих тарелках. Причем, время установления нового стационарного состояния

на этих тарелках значительно меньше времени стабилизации профиля концентраций и температуры на контрольных тарелках, чаще всего используемых в системах косвенного регулирования процесса. Абсолютные же величины отклонений на контрольных тарелках выше, чем на тарелках, расположенных в районе ввода исходной смеси.

Увеличение состава или расхода исходной смеси приводит к улучшению качества верхнего продукта и ухудшению качества нижнего. При уменьшении состава или расхода исходной смеси наблюдается обратный эффект. Поскольку колебания параметров питания в промышленных аппаратах значительны и непрерывны, то требуется постоянное и целенаправленное воздействие на управляющие параметры системы управления с целью обеспечения заданных составов конечных продуктов (дистиллята и кубового остатка).

### **Выводы.**

Исследование динамических характеристик рассматриваемых колонн представляется очень важным с целью обеспечения их эффективной и надежной работы. Колебания по составу и расходу исходной смеси вызывают изменение концентрационных профилей на верхних и нижних тарелках, а также в кубовой емкости и дефлегматоре не сразу, а по истечении некоторого промежутка времени, длительность которого зависит, в первую очередь, от числа контактных устройств в колонне. Общая продолжительность переходного процесса в промышленных колоннах определяются, в первую очередь, продолжительностью стабилизации концентрационных и температурных профилей, деформация которых вызвана изменением соотношения между величинами основных гидродинамических потоков в аппарате. Увеличение состава или расхода исходной смеси приводит к улучшению качества верхнего продукта и ухудшению качества нижнего. При уменьшении состава или расхода исходной смеси наблюдается обратный эффект. Поскольку колебания параметров питания в промышленных аппаратах значительны и непрерывны, то требуется постоянное и целенаправленное воздействие на управляющие параметры системы управления с целью обеспечения заданных составов конечных продуктов.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:**

1. Mukhitdinov D.P., Kadirov Y.B., Sultanov I.R. Control of the rectification column to ensure the required quality of the top product doi:10.1088/1742-6596/2373/7/072025
2. Каримов, Неъматжон. Исследование и применение импортозамещающей продукции переработки сивушных фракций на ректификационных установках / Неъматжон Каримов, И. Р. Султанов, Б. Т. Холмуротов, Д. А. Аманбаева. — Текст: непосредственный // Молодой ученый. — 2020. — № 3 (293). — С. 46-49. — URL: <https://moluch.ru/archive/293/65907/>.
3. Кадиров Ё.Б., Мухитдинов Д.П. Разработка метода расчета ректификации многокомпонентных смесей с учетом взаимовлияния компонентов и изменения расходов паров и жидкости по высоте колонны // Вестник Ташкентского государственного технического университета (спец выпуск). – Ташкент, 2015 №3, С.6-12
4. Мухитдинов Д.П., Кадиров Ё.Б., Авазов Ю.Ш. Технологии ON-LINE мониторинга технологического процесса ректификации для прогнозирования состояния качества нефтепродуктов. // Международный научно-технический журнал «Химическая технология. Контроль и управление». –Ташкент, 2013. -№1. –С. 65-68.

5. Юсупбеков Н.Р., Мухитдинов Д.П., Кадиров Ё.Б. Моделирование и управление ректификационными установками разделения многокомпонентных смесей. Монография. –Навои: «Азиз китобхон», 2021. – 372 с.
6. Mukhitdinov D.P., Avazov Yu.Sh., Kadirov Yo.B. Defining the parameters of the models depending on the temperature of the vapor pressure in the mathematical modeling and calculation of vapor-liquid equilibrium algorithmization multicomponent mixtures // International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering. – India, 2015. Volume 5. Issue 11. November 2015. –PP 8-13.
7. Мухитдинов Д.П., Кадиров Ё.Б. Методика расчета статического режима ректификационных колонн для оптимизации конструктивных и технологических параметров на MathCAD Prime 3.0. // Международный научно-технический журнал «Химическая технология. Контроль и управление». –Ташкент, 2018. –№ 1.