

March 2020

## Pressure-compensated temperature control in rectification column

Norkobilov Adham

*Shahrisabz Branch of the Tashkent Institute of Chemical Technology, adham.norkobilov@gmail.com*

Turakulov Zafar

*Tashkent Chemical-Technological Institute, webdastur@gmail.com*

Kamolov Azizbek

*Tashkent Chemical-Technological Institute, azizkamalov0709@gmail.com*

Talipov Hojiakbar

*Tashkent Chemical-Technological Institute, webdastur@list.ru*

Follow this and additional works at: <https://uzjournals.edu.uz/cce>

 Part of the [Process Control and Systems Commons](#)

---

### Recommended Citation

Adham, Norkobilov; Zafar, Turakulov; Azizbek, Kamolov; and Hojiakbar, Talipov (2020) "Pressure-compensated temperature control in rectification column," *CHEMISTRY AND CHEMICAL ENGINEERING*: Vol. 2020 : No. 1 , Article 11.

Available at: <https://uzjournals.edu.uz/cce/vol2020/iss1/11>

This Article is brought to you for free and open access by 2030 Uzbekistan Research Online. It has been accepted for inclusion in CHEMISTRY AND CHEMICAL ENGINEERING by an authorized editor of 2030 Uzbekistan Research Online. For more information, please contact [sh.erkinov@edu.uz](mailto:sh.erkinov@edu.uz).

## PRESSURE-COMPENSATED TEMPERATURE CONTROL IN RECTIFICATION COLUMN

Adham NORKOBILOV<sup>1</sup> (adham.norkobilov@gmail.com), Zafar TURAQULOV<sup>2</sup> (webdastur@gmail.com), Azizbek KAMOLOV<sup>2</sup> (azizkamalov0709@gmail.com), Hojiakbar TALIPOV<sup>2</sup> (webdastur@list.ru), Dilmurod DJALILOV<sup>2</sup> (adhambeknt@mail.ru)  
<sup>1</sup>Shahrisabz Branch of the Tashkent Institute of Chemical Technology, Shahrisabz, Uzbekistan  
<sup>2</sup>Tashkent Chemical-Technological Institute, Tashkent, O'zbekiston

The focus of this work is to study the control of a rectification column (RC) for separating n-butane (nC<sub>4</sub>) and n-pentane (nC<sub>5</sub>) mixtures. Two control structures based on conventional temperature control (TC) and pressure-compensated control (PTC) structures are studied and compared using AspenTech software. The control performance of TC and PTC are investigated in terms of the control of component purities in both distillate and bottoms streams, under various disturbances in feed and pressure conditions. Due to pressure compensation, PTC is superior to TC in terms of purity and impurity control under disturbances in feed and pressure conditions. Accordingly, simulation results, from the point of view of industrial operation, the pressure-compensated temperature control (PTC) scheme provides potential solutions for a bicomponent RC.

**Keywords:** sista, Artemia, kislotali gidroliz, almashinilmaydigan aminokislotalar, yuqori samarali suyuqlik xromatografiya

## КОНТРОЛЬ ТЕМПЕРАТУРЫ С КОМПЕНСАЦИЕЙ ДАВЛЕНИЯ В РЕКТИФИКАЦИОННОЙ КОЛОННЕ

Адхам НОРКОБИЛОВ<sup>1</sup> (adham.norkobilov@gmail.com), Зафар ТУРАКУЛОВ<sup>2</sup> (webdastur@gmail.com), Азизбек КАМАЛОВ<sup>2</sup> (azizkamalov0709@gmail.com), Хожиақбар ТАЛИПОВ<sup>2</sup> (webdastur@list.ru), Дилмурод ДЖАЛИЛОВ<sup>2</sup> (adhambeknt@mail.ru)  
<sup>1</sup>Шахрисабзский филиал Ташкентского химико-технологического института, Шахрисабз, Узбекистан  
<sup>2</sup>Ташкентский химико-технологический институт, Ташкент, Узбекистан

Целью данной работы является изучение управления ректификационной колонной (RC) для разделения смесей n-бутана (nC<sub>4</sub>) и n-пентана (nC<sub>5</sub>). Две управляющие структуры, основанные на традиционных структурах управления температуры (TC) и управления температуры с компенсацией давления (PTC), изучаются и сравниваются с использованием программного обеспечения AspenTech. Эффективность управления TC и PTC исследуется с точки зрения управления чистоты компонентов при различных возмущениях условий подачи смеси и давления. Благодаря компенсации давления PTC превосходит TC с точки зрения чистоты и примесей при возмущениях условий подачи продукта и давления. С точки зрения промышленной эксплуатации схема управления температуры с компенсацией давления (PTC) обеспечивает потенциальные решения для двухкомпонентного RC.

**Ключевые слова:** циста, Artemia, кислотный гидролиз, незаменимые аминокислоты, высокоэффективная жидкостная хроматография

## REKTIKATSIIYA KOLONNASIDA BOSIMNI KOMPENSATSIYALOVCHI TEMPERATURANI ROSTLASH

Adham NORKOBILOV<sup>1</sup> (adham.norkobilov@gmail.com), Zafar TURAQULOV<sup>2</sup> (webdastur@gmail.com), Azizbek KAMOLOV<sup>2</sup> (azizkamalov0709@gmail.com), Hojiakbar TALIPOV<sup>2</sup> (webdastur@list.ru), Dilmurod DJALILOV<sup>2</sup> (adhambeknt@mail.ru)  
<sup>1</sup>Toshkent kimyo-texnologiya instituti Shahrisabz filiali, Shahrisabz, O'zbekiston  
<sup>2</sup>Toshkent kimyo-texnologiya instituti, Toshkent, Uzbekistan

Ushbu ishdan maqsad n-butan va n-pentan aralashmalarini ajratish uchun rektifikatsiya kolonnasini (RC) rostlashni o'rganish. Ikki ta rostlash strukturasi, ya'ni an'anaviy temperaturani rostlash (TC) va bosimni kompensatsiyalovchi temperaturani rostlash (PTC) AspenTech dasturlaridan foydalanilgan holda o'rganilgan hamda taqqoslangan. TC va PTC kabi rostlashlarning samaradorligi, kirish sarfi va bosim kabi turli g'alayonlashish sharoitlarida har ikkala distillat va kub qoldig'i mahsulotlarida komponentlarning tozaligi nuqtai nazaridan tadqiq etilgan. Bosimni kompensatsiyalash hisobiga, kirish sarfi va bosim g'alayonlashish sharoitlarida mahsulot tozaligi va notozaligi tomondan PTC rostlash usuli TC rostlash usulidan samaraliroq ekan. Modellashtirish natijalariga ko'ra, sanoat miqyosida olib qaraydigan bo'lsa, ikki komponentli RC uchun bosim kompensatsiyalangan temperaturani rostlash (PTC) potensial yechimni ta'minlaydi.

**Kalit so'zlar:** cysts, Artemia, acid hydrolysis, essential amino acids, high performance liquid chromatography

### Kirish

Kolonna tarelkalaridagi temperaturani rostlash asosan kolonnadan chiqayotgan mahsulot tarkibini tahmin qilishda qo'llaniladi, lekin boshqarilayotgan kolonna tarelkalaridagi bosimning o'zgarishi ushbu mahsulot tarkibini tahmin qilish jarayoniga salbiy ta'sir ko'rsatadi. Odatda bosim boshqarilayotgan tarelkalarda emas, balki sovg'ichda nazorat qilinadi, shuning uchun bug' sarfi o'zgarishi kolonna tarelkalari orasidagi bosimning o'zgarishiga olib keladi. "Bosimni kompensatsiyalovchi" temperaturani rostlash tushunchasi birinchilardan bo'lib 1970-yillarning boshlarida ushbu turdagi muammolarni yechishga qaratilgan ilmiy asarlarda uchraydi [1]. Ushbu usul distillyatsiya jarayonini yorituvchi ko'plab adabiyotlarda sifat jihatdan tavsiflangan bo'lib, uning samaradorligini miqdoriy baholashga asoslangan ma'lumotlar ochiq adabiyotlarda keltirib o'tilmagan.

Texnologik jarayonlarni boshqarishda rektif-

ikatsiya kolonnasi eng ko'p o'rganiladigan ob'ektlardan biri bo'lib hisoblanadi. Oxirgi yarim asrdan ortiq vaqt mobaynida rektifikatsiya jarayonini rostlash usullariga bag'ishlangan yuzlab ilmiy maqolalar va adabiyotlar chop etilgan [2].

Ushbu ishda, bosimni kompensatsiyalovchi temperaturani rostlashni amalga oshirishni miqdoriy ifodalashning sonli usullari ko'rib o'tiladi. Shuningdek, temperatura-bosim-tarkib bog'liqligini topishning oddiy, lekin aniq va tartibli usuli, hamda kompyuter dasturlari (Aspen Plus va Aspen Dynamics) orqali modellashtirish jarayonida bosimni kompensatsiyalash usullari keltirib o'tilgan.

"Ideal" boshqarish sxemasi kolonnadagi barcha mahsulotlar tarkibini boshqara olishiga qaramasdan, amaliyotda ko'plab kolonnalarda temperaturani rostlash usulidan foydalaniladi, chunki mahsulot tarkibini aniqlash va o'lchash qimmat hamda uzoq kechikish vaqti mavjudligi hisobiga

rostlash sifatining pasayishiga olib kelishi mumkin. Shuningdek, ikkita rostlagichdan foydalanilganda zanjirlararo bog'liqlik muammolari kelib chiqishi mumkin. Ko'pincha foydalaniladigan temperaturani oddiy bir tomonlama rostlash strukturasi tegishli tarelka tanlanib, tarelkadagi temperatura esa kirish parametrini o'zgartirish orqali rostlanadi [3]. Rostlash uchun eng optimal tarelkani tanlash uchun bir qancha usullar taklif etilgan bo'lib, ular orasida eng ko'p qo'llaniladigani bu tarelkadan tarelkaga o'tishda temperatura o'zgarishi eng yuqori bo'lgan tarelkaning tanlanishi usulidan keng foydalaniladi [4]. Bunda temperatura mahsulot tarkibi haqida xulosa qilish uchun asosiy parametr bo'lib hisoblanadi. Shu sababli kolonnaning mahsulot tarkibiga qo'yilgan topshiriq saqlab turiladi hamda kolonnaga kiruvchi aralashma tarkibi va sarfida o'zgarishlar bo'lganda mahsulot tozaligi uning belgilangan spesifik qiymatigacha rostlab turiladi.

Agar, bosim o'zgaruvchan bo'lsa, u holda binar aralashmalar tizimida o'zgarish temperatura o'zgarish tarkib uchun ko'rsatkich bo'lolmaydi. Agar sovutgich bosimi o'zgarsa yoki tarelkadan tarelkaga o'tgan sari bosim pasayib borsa, u holda boshqarilayotgan tarelkadagi bosim ham o'zgaradi. O'z navbatida temperatura o'lchanayotgan tarelkada bosim o'zgaruvchan bo'lsa, u holda kutilayotgan mahsulot tarkibi noto'g'ri bo'ladi. Ko'plab kolonnalarda asosan sovutgich bosimi boshqariladi, lekin kolonna bosimi o'zgaruvchan bo'lsa, u holda buning imkoniyati bo'lmaydi. Bug' sarfi o'zgariganda butun kolonna va barcha turdagi ichki qurilmalar bo'ylab tarelkalardagi bosim pasayishining o'zgarishi ro'y beradi. Boshqariluvchi tarelka kolonnaning qanchalik quyi qismidan tanlangan sari, (pasayuvchan bosimning o'zgarishi uchun ko'proq tarelkalar hisobiga) muammo shunchalik murakkablashib boradi.

Bu muammo ko'p yillar avval aniqlangan bo'lib, yechimlar taklif etilgan va qo'llanilgan. *Shinsky* tomonidan muhokama etilgan yechimlardan biri bu, bunday holatda differensial bug' bosim transmitter qurilmasining qo'llanilishidir [4]. Bu qurilma diafragmaning bir tomoni boshqarilayotgan tarelkada kolonnaning bosimi uchun ochiq, ikkinchi tomoni esa ushbu tarelkada joylashtirilgan etalonga ulangan differensial bosimli yacheykadan iborat bo'ladi. Ushbu etalonda, tarelkada mavjud bo'lishi kerak bo'lgan tarkibli aralashma bilan bir xil aralashma mavjud bo'ladi. Nol differensial bosim degani bu - ushbu tarelkadagi tarkib kutilayotgan tarkib bilan bir xil degan ma'noni anglatadi. Bundan ham mosroq yondoshuv 1973-yilda o'rganilgan bo'lib, unga ko'ra "bosimni kompensatsiyalovchi" boshqariladigan temperatura signalini hisoblash uchun ham bosim, ham temperaturaning qiymatlaridan foydalanilgan. 1-tenglama o'lchangan qiymatlar (temperatura va bosim) hamda tarelkadagi hisoblangan mahsulot tarkibi orasidagi bog'liqlikni ifodalaydi [5].

$$\Delta x = \left( \frac{\partial x}{\partial P} \right)_T \Delta P + \left( \frac{\partial x}{\partial T} \right)_P \Delta T \quad (1)$$

Bu yerda,  $\Delta$ lar loyihalash sharoitidagi yuzaga keladigan o'zgarishlar. Birinchi xususiy hosila bu –mahsulot tarkibi grafigidagi (ordinata o'qi) to'yingan suyuqlik chizig'ining optimal (istalayotgan) mahsulot tarkibi hamda (absissa o'qi) o'zgarish temperaturadagi bosimga ko'ra bog'liqlik gradiyentidir (odatiy  $P_{xy}$  diagrammaga nisbatan teskari). Ikkinchi xususiy hosila esa, mahsulot tarkibi grafigidagi (ordinata o'qi) to'yingan suyuqlik chizig'ining optimal (istalayotgan) mahsulot tarkibi hamda (absissa o'qi) o'zgarish bosimdagi temperaturaga ko'ra bog'liqlik gradiyenti bildiradi (odatiy  $T_{xy}$  diagrammaga nisbatan teskari). Bosimni kompensatsiyalovchi temperaturani rostlash borasida bir qancha boshqa mulohazalar *Tollover* va *Rhiel* ishlarida ko'rib o'tilgan [6, 7].

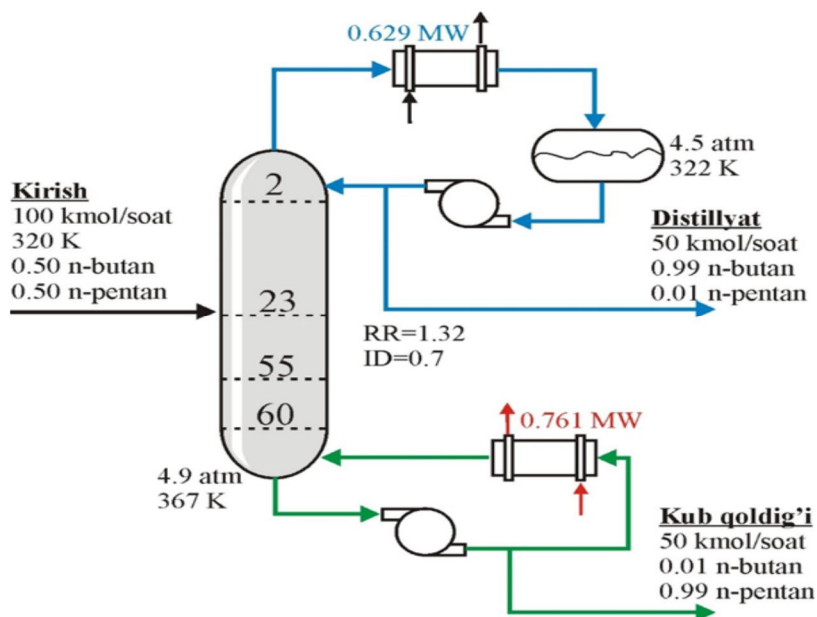
Bosimni kompensatsiyalashning zaruriyati, ishlash rejimiga ko'ra (bosimning pasayishi effektiga qo'shimcha ravishda) bosim sezilarli ravishda o'zgaradigan tizimlar uchun juda muhim hisoblanadi. Muhim misol sifatida, sovutish suvi oqimining maksimal sarfidan foydalanib energiyani tejash uchun kolonnani minimal bosim ostida ishlatish kerak bo'lgan holatni ko'rish mumkin. Keyin esa sovutuvchi suvning uzatilish temperaturasi o'zgarishi bilan kolonnaning bosimi ham ortib va pasayib turadi. Sovutuvchi suvning temperaturasi esa kecha va kunduz hamda atrof muhit sharoitlaridan kelib chiqqan holda o'zgarib turadi.

Ya'na boshqa muhim vaziyat sifatida esa, issiqlik integratsiyalashgan kolonnalarda, sovutgich/qaynatgichdagi temperaturalar farqini ta'minlashni amalga oshirish uchun yuqori bosimli kolonnalarda bosim o'zgaradi [8].

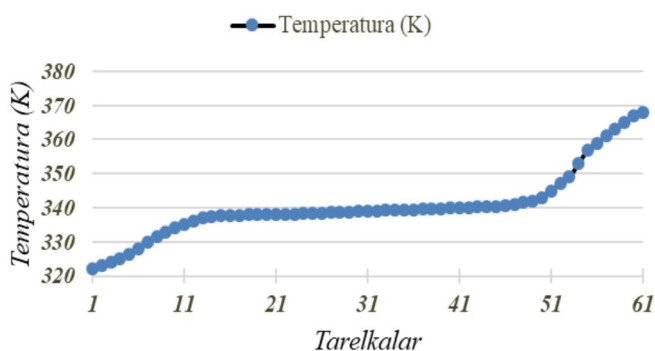
Adabiyotlardagi ushbu mulohazalarning barchasi sifat va tavsifiy jihatdan o'rganilgan bo'lib, bosimni kompensatsiyalash borasida sonli (miqdoriy) tahlillar va mulohazalar ko'rib o'tilmagan. Ushbu ishda bosim kompensatsiyalangan temperaturani rostlash bo'yicha miqdoriy ma'lumotlar keltirib o'tilgan.

### Tadqiqot ob'yekti va usullari

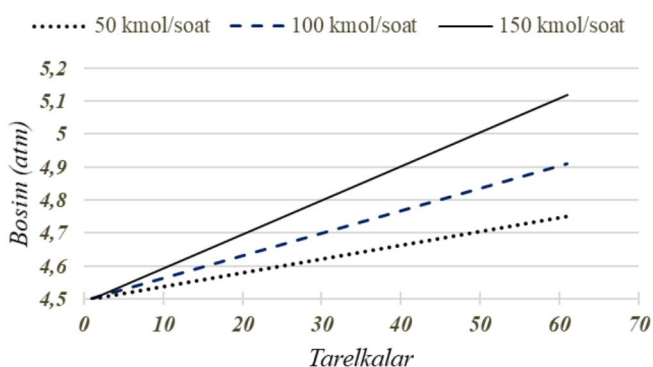
Tipik vaziyat sifatida butansizlantirish kolonnasi (debutanizator) ko'rib o'tilgan. 50 molyar ulushdagi (%) n-butan (nC4) va 50 molyar ulushdagi (%) n-pentan (nC5) aralashmasi 61 tarelkadan iborat bo'lgan rektifikatsiya kolonnasida fraksiyalarga ajratiladi. Kirish sarfi 100 kmol/soat bo'lib, kolonnaning 23-tarelkasi orqali kiritiladi (modellashtirish dasturida sovutgich kolonnaning 1-tarelkasi sifatida berilgan). Loyihalashning texnik ko'rsatkichlari sifatida distillyat tarkibida 1 molyar % nC5 va kub qoldig'ida 1 molyar % nC4 belgilangan. Deflegmator bosimi 4.5 atm sifatida belgilangan bo'lib, bu deflegmator temperaturasi 322



1-rasm. Kolonnaning texnologik sxemasi:  $nC_4/nC_5$ , 4,5 atm.



2-rasm. Kolonna bo'ylab temperaturaning o'zgarish grafigi.



3-rasm. Aspen Dynamics dasturida kolonna bo'ylab bosim parametri o'zgarishi.

K bo'lishini ta'minlaydi. Shu sababli sovutuvchi suvdan sovutish agenti sifatida foydalanish mumkin bo'ladi. 1-rasmda texnik tavsiflarni ifodalovchi grafik tasvir keltirib o'tilgan. Kolonnaing diametri 0,7 m, flegmalar soni – 1,32, sovutgich va qaynatgichdagi yuklama mos ravishda 0,629 va 0,761 MW ni tashkil etadi (1-rasm).

Tarelkalardagi bosim o'zgarishi esa bir tarelka uchun 0,1 psi (0.007 atm) sifatida olingan bo'lib, deflegmatordagi bosim 4,5 atm va kolonnada 60 tarelka mavjudligini inobatga oladigan bo'lsak, kolonnadagi bosim 4,9 atm ni tashkil etadi.

Statik holatdagi model Aspen Plus dasturida Choa–Seader fizik xususiyatlardan foydalanigan holda qurilgan. Dinamik model esa Aspen Dynamic dasturidan foydalanilgan holda murakkab Rad-Frac distillyatsion kolonna modelidan foydalanilgan holda amalga oshirilgan [11].

An'anaviy roslash tizimi kolonnalarni roslash uchun qo'llanilgan bo'lib, bunda kirish sarfi boshqariladi. Deflegmatordagi bosim sovutgichdagi issiqlikni ajratib olish orqali boshqariladi, deflegmatorning sathi esa distillyat sarfini roslash orqali boshqariladi. Asosiy sath esa kub qoldig'i sarfini roslash orqali boshqarib boriladi.

Bu yerda ikkita erkinlik darajasi qolgan bo'lib, “ideal” qo'sh-tarkibli roslash strukturasi yordamida flegma sarfini roslash orqali distillyat tarkibidagi  $nC_5$  miqdori hamda qaynatgich yuklamasini roslash orqali esa kub qoldig'idagi  $nC_4$  mi-

1-jadval

Kirish mahsulotlari tarkibi bo'yicha sezgirlik tahlili

Kirish mahsulotlari	Flegmalar soni	Loyihalash qiymatidan foiz hisobidagi farq	Flegmaning kirishga nisbati	Loyihalash qiymatidan foiz hisobidagi farq
40	1,665	25,8	0,6626	0,20
50 (loyiha)	1,323	0	0,6616	0
60	1,075	-18,7	0,6471	2,2

qdori boshqariladi. Lekin, bu ideal rostlash strukturasi sanoat darajasida kamdan kam hollarda qo'llaniladi, ya'ni bir xil qoidalar asosida qo'llanilmaydi.

Odatda oddiyroq boshqarish strukturasi topish uchun harakat qilinadi, bunda "bir tomonlama" rostlash sxemasi mos tarelka temperaturasidan foydalangan holda adekvat rostlovchi rostlash ta'minlanadi.

Eng avval, biz nazariy jihatdan barcha narsa samarali sanoat miqyosida masshtablana olishiga ishonch hosil qilishimiz kerak. Kolonnani loyihalash jarayonida, istalgan kirish sarfi uchun kolonna bo'ylab barcha tarkiblar, temperatura va bosimlar aynan bir xil bo'ladi, chunki bu holatda bir tarelka uchun bosim o'zgarishi o'z me'yorida belgilangan bo'ladi. O'z navbatida shuni ta'kidlab o'tish joizki, nazariy jihatdan, oqimlar nisbatini o'rnatilgan va yagona temperatura konstantasini ushlab tura oladigan istalgan rostlash strukturasi kolonnani har qanday kirish sarfida, belgilangan tozalikdagi mahsulotni olish mumkin bo'lgan barqaror holatga yaqinlashtiradi. Eng ko'p qo'llaniladigan ikkita nisbatlar sxemasiga o'zgarimas flegmalar sonini (RR) ushlab turish yoki reflyuksning kirish sarfiga nisbatini (R/F) o'zgarimas sifatida kiritish mumkin.

Lekin, kiruvchi mahsulotlar tarkibida o'zgarish sodir bo'lganda, ushbu nisbatlar o'zgarimas holatni namoyon eta olmaydi. Shuningdek, ko'plab tarelkalardagi aralashma tarkibi ham o'zgarishi kerak bo'ladi. Shunday qilib, kirish oqimidagi aralashmalar tarkibining o'zgarishi bu –rostlash strukturasi turg'un holatda rostlab turishi kerak bo'lgan kritik g'alayonlashish hisoblanadi. Ba'zi rektifikatsiya kolonnalarida, qo'sh-tarkibli rostlash kerak bo'lishi, boshqalarida esa oddiyroq struktura ham mos kelishi mumkin.

Har qanday sharoitda ishlaydigan bunday soddalashtirilgan struktura mavjudligini aniqlashda, ya'ni kiruvchi aralashma tarkibi o'zgarsa ham kolonnaning har ikki mahsulotlari tozaligini saqlab qolish uchun reflyuks sarfi va flegmalar soni qanday o'zgarishi kerakligini bilish maqsadida statik modellashtirish usullaridan foydalanishimiz mumkin bo'ladi. Distillyat sarfi va flegmalar sonini o'zgartirish orqali kolonnadagi ikkala mahsulot chiqishidagi tarkibni ularning belgilangan qiymatlarida olish uchun Aspen Plus dasturida ikkita loyihalash tavsifi/o'zgaruvchilari (*Design Spec/Vary*) funksiyasidan foydalaniladi.

1-jadvalda butansizlantirish kolonnasi uchun ushbu jarayon keltirilgan. Loyihalash jarayoni uchun kirish mahsulotlari nisbati har ikkala  $nC4$  va  $nC5$  uchun 0,5 molyar ulushda olingan. Flegmalar soni 1,323 va reflyuksning kirish sarfiga nisbati 0,6616 (molyar asosda) sifatida qabul qilindi. Ushbu qiymatlar olinishi kerak bo'lgan distillyat va kub qoldig'i tozaligini beradi.

Keyin esa kirish mahsulotlari nisbati  $nC4$  va

$nC5$  uchun mos ravishda 0,6 va 0,4 sifatida tanlandi (mahsulot spesifikatsiyasi o'zgarimas holatda saqlab turildi). Hisoblash natijasiga ko'ra, flegmalar soni va reflyuksning kirish sarfiga nisbati mos ravishda 1,075 va 0,6471 ga teng bo'ldi. Keyingi vaziyatda kirish mahsulotlari nisbati  $nC4$  va  $nC5$  uchun mos ravishda 0,4 va 0,6 ga o'zgartirildi (mahsulot spesifikatsiyasi o'zgarimas holatda saqlab turildi). Talab etilgan flegmalar soni va reflyuksning kirish sarfiga nisbati mos ravishda 1,665 va 0,6626 ga o'zgardi. 1-jadvaldagi uchinchi va beshinchi ustunlar ikkita o'zgaruvchilarning loyihalash qiymatlaridan farqini (foiz) ko'rsatadi. Reflyuksning kirish sarfiga nisbati bo'yicha o'zgarishlar kam bo'lishiga qaramasdan, *bir tomonlama (single-end control)* rostlash strukturasi kirish mahsulotlari tarkibi g'alayonlanishi ta'sirini yetarlicha rostlab tura oladi.

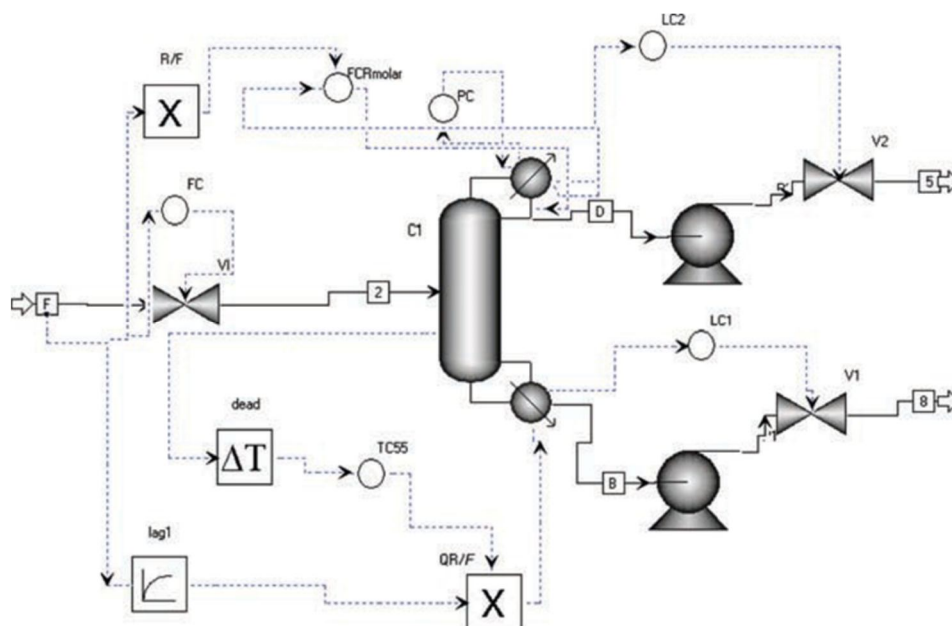
Shunday qilib asosiy an'anaviy rostlash strukturasi sifatida flegmaning kirishga nisbati tanlangan. Ushbu xususiyat Aspen Dynamics dasturida (R/F) multiplikator blokidan foydalanilgan holda amalga oshirilgan bo'lib ishbu blokning bitta kirishi aralashma kirishining molyar sarfi, boshqasi esa belgilangan reflyuksning kirishga ko'ra molyar nisbatini bildiradi.

Temperaturani rostlash uchun mos tarelka tanlanishi kerak bo'ladi [9]. 2-rasmda statik holat uchun temperatura grafigi tasvirlangan bo'lib, unga ko'ra 55-tarelkada temperatura tarelkadan tarelkaga o'tganda keskin o'zgarish hosil qiladi. Shuning uchun ushbu 55-tarelkadagi temperatura (356,2 K) reboilerdagi issiqlikni rostlash orqali rostlab boriladi.

3-rasmda bug' sarfiga ko'ra tarelkalardagi bosimlar o'zgarishi bilan bog'liq turli vaziyatlardagi kolonnaning bosimi o'zgarishi grafigi tasvirlangan bo'lib, bu grafik dinamik model asosida qurilgan. Ushbu grafik Aspen Plus dasturida kirish sarfi 100 kmol/soat (o'rtadagi egri chiziq) hamda har bir tarelka uchun bosim o'zgarishi 0.1 psi bo'lgan vaziyat uchun hosil qilingan. Boshqa egri chiziq esa kirish sarfi o'zgaruvchi dinamik model asosida olingan. Ushbu egri chiziqlar kolonna bo'ylab bug' sarfi o'zgarishiga bog'liq holda 55-tarelkadagi bosim ortishi yoki kamayishini ko'rish mumkin. Shuning uchun, ushbu kolonnada bosimni kompensatsiyalovchi temperaturani rostlash samaradorlikka erishishda muhim omillardan biri bo'lib hisoblanadi.

Avtomatik boshqarish qurilmalari o'rnatilgan texnologik sxemaning Aspen Dynamics dasturidagi ko'rinishi 4-rasmda tasvirlangan.

Yuklama samaradorligini oshirish uchun ushbu qiymatning qanchalik kerakligi 5-rasmda tasvirlangan. Kirish sarfidagi 50 foizlik ortish bu g'alayonlanishni keltirib chiqaradi. Grafikdagi uzluksiz chiziq qaynatgichdagi issiqlik kirishining (QR) kolonnaga kirishi sarfiga (F) nisbati natijalarini bildiradi (QR/F nisbat). 55-tarelkada tempera-



4-rasm. QR/F nisbat va kechikish hisobga olingan temperaturani rostdash strukturasi.

tura bo'yicha juda katta pasayish mavjud bo'lib, buning natijasida kub qoldig'idagi ( $x_B$ )  $nC_4$  ning notozaligi ortib boradi. Aspen Dynamics dasturida multiplikatorning qiymatlari birligi (GJ/kmol) sifatida qabul qilingan.

*Temperatura/bosim/tarkib bog'liqligi*

55-tarelkadagi temperatura 356,2 K bo'lib, ushbu tarelkadagi bosim va suyuqlik tarkibi esa loyihalash sharoiti uchun mos ravishda 4.867 atm va  $nC_4$  (yengil modda notozaligi) uchun 0,1902 molyar ulushni tashkil etadi. Bu holatda, tarelkadagi o'lchangan temperatura va bosimda ma'lum bir modda tarkibini hisoblash uchun bog'liqlik ifodasini aniqlab olishimiz kerak bo'ladi.

$$X_{nC_4} = f_{(T,P)} \quad (2)$$

Suyuqlik-bug' muvozanatining o'zaro bog'liqligini aniqlashning aniq, ammo sodda usuli ikki xil bosimda  $T_{xy}$  diagrammalarini yaratishdir. Doimiy bosimda kompozitsiya, ya'ni tarkibning unchalik katta bo'lmagan oralig'ida ushbu tarkibning temperaturaga chiziqli bog'liqligi yetarlicha aniq bashoratlarni ta'minlashi kerak bo'ladi (3).

$$X_{nC_4} = m_{(P)}T + b_{(P)} \quad (3)$$

bu yerda,  $m$  og'ishish va  $b$  kesishish bosim funksiyalari bo'lib, ular quyidagicha ifodalanadi:

2-jadval

Bosim/Temperatura/Tarkib ma'lumotlari

Bosim	Suyuqlik tarkibi (mol% $nC_4$ )	Temperatura, °C (K)
4,5 atm	15	81,94 (355,09)
	25	76,65 (349,80)
5,0 atm	15	86,387 (359,54)
	25	81,081 (354,23)

$$m_{(P)} = c_1P + c_2$$

$$b_{(P)} = c_3P + c_4$$

(4)

$nC_4$  ning 0,15 va 0,25 molyar ulushlari uchun 4.5 va 5 atm bosimlarida foydalanilgan suyuqlik-bug' muvozanati ma'lumotlari 2-jadvalda keltirilgan. Ushbu ma'lumotlar Aspen Plus dasturida  $T_{xy}$  diagrammasi yordamida olingan. Bunda metrik o'lchov birliklaridan foydalanilgan, chunki Aspen Dynamics dasturi metrik o'lchov birliklaridan foydalanadi [10]. Berilgan,  $m$ ,  $b$  va  $c_k$  parametrlari metrik birliklaridan foydalanilgan holda hosil qilinishi kerak bo'ladi. Natijaviy parametrlar quyida keltirilgan (5).

$$c_1 = 0,000113$$

$$c_2 = -0,019417$$

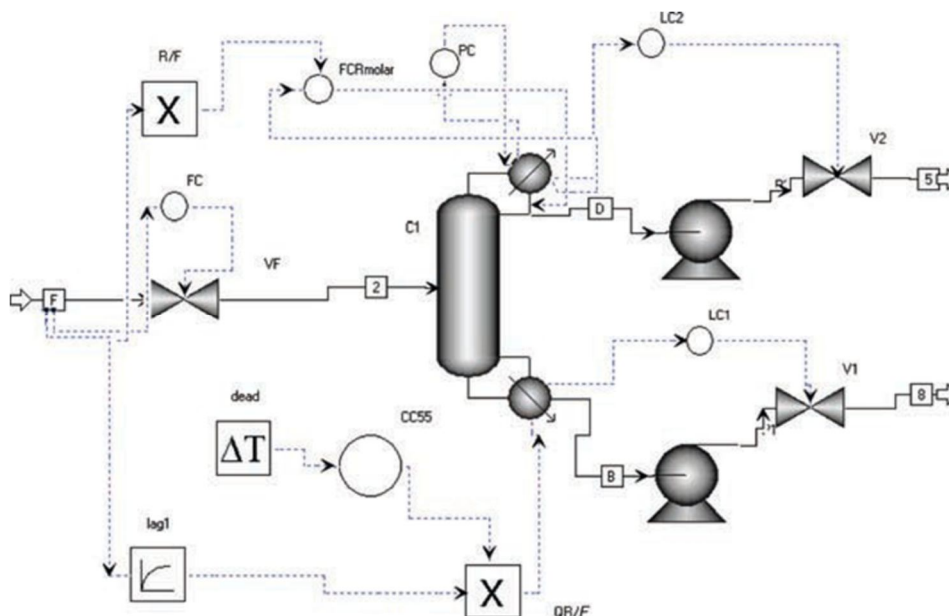
$$c_3 = 0,1564$$

$$c_4 = 0,98576$$

(5)

Shuni ta'kidlab o'tish kerakki, biz bunda rostlangan temperatura signalini emas, balki 55-tarelkadagi yengil modda  $nC_4$  tarkibini tahminiy hisoblab chiqmoqdamiz. Ushbu tarkib qiymati tarkib rostlagichiga jarayon o'zgaruvchisi sifatida yuborilib, uning chiqish signali QR/F nisbatini o'zgartiradi hamda rostlagichning o'rnatilgan signali (set-point signal)  $nC_4$  uchun 0,19 molyar ulushni tashkil etadi.

An'anaviy temperatura rostlagichi "Teskari yo'nalishda" ishlaydi, ya'ni bunda temperaturaning oshishi (reboylar) qaynatgichning energiya sarfining kamayishiga olib kelishi kerak. "Bosimni kompensatsiyalovchi" tarkib rostlagichi "to'g'ri yo'nalish" prinsipi bo'yicha ishlaydi, ya'ni 55-tarelkada yengil mahsulot tarkibining ortishi qay-



5-rasm. Bosimni kompensatsiyalovchi temperaturani roslash uchun Aspen Dynamics dasturida avtomatik boshqarish jarayoni.

natgichga berilayotgan issiqlik miqdorining ortishiga olib keladi, chunki yengil notoza aralashma kolonna bo'ylab yuqoriga harakatlanadi. Tarkib rostlagichi rele-qayta aloqa sinovi va Tyreus-Luyben sozlash bilan  $K_C=0,139$  ni va  $\tau_I=14,5$  min qiymatlarga erishish uchun, 0-0,4517 tarkib transmitteri diapozoni va 0-0,05 nisbatdagi rostlagich chiqish diapazonidan foydalaniladi.

#### Masalani Aspen Dynamics dasturida amalga oshirish

Yuqorida olingan tenglamalar texnologik sxema tenglamalari yordamida Aspen Dynamics dasturiga tadbiiq qilinadi. 55-tarelkadagi *nC4* tarkibini aniqlashda bosim va temperaturani o'lchash uchun foydalaniladigan dastur sintaksisi quyida keltirilgan. Ushbu natijaviy o'zgaruvchi kechikish vaqti bloki uchun kirish signali bo'lib hisoblanadi. Kolonnadan chiqib kechikish vaqti blokiga ulangan roslash signali liniyasi texnologik sxemada ko'rsatilmagan.

1	CONSTRAINTS
2	//texnologik sxema o'zgaruvchilari va tenglamalari...
3	//xC4=mT+b; T (C) va P (bar)
4	//b=c1 P+c2
5	//m=c3 P+c4
6	blocks("dead").input =(0.000113*(blocks("C1").stage(55).P)-
7	0.019417)*(blocks("C1").stage(55).T
8	+0.1564*(blocks("C1").stage(55).P)+0.98576;
9	END

Ushbu skript Aspen Dynamics dasturida kompilyatsiya qilingandan keyin texnologik sxema aniqlanganligini bildiruvchi xabar paydo bo'ladi. Dinamik model ishga tushishi uchun kechikish vaqti blokiga kirish signali "fixed" (belgilangan) shakldan "free" (erkin) shaklga o'zgartirilishi kerak bo'ladi. 5-rasmda modifikatsiyalangan urganilayotgan jarayonning Aspen Dynamics dasturidagi texnologik sxemasi keltirilgan.

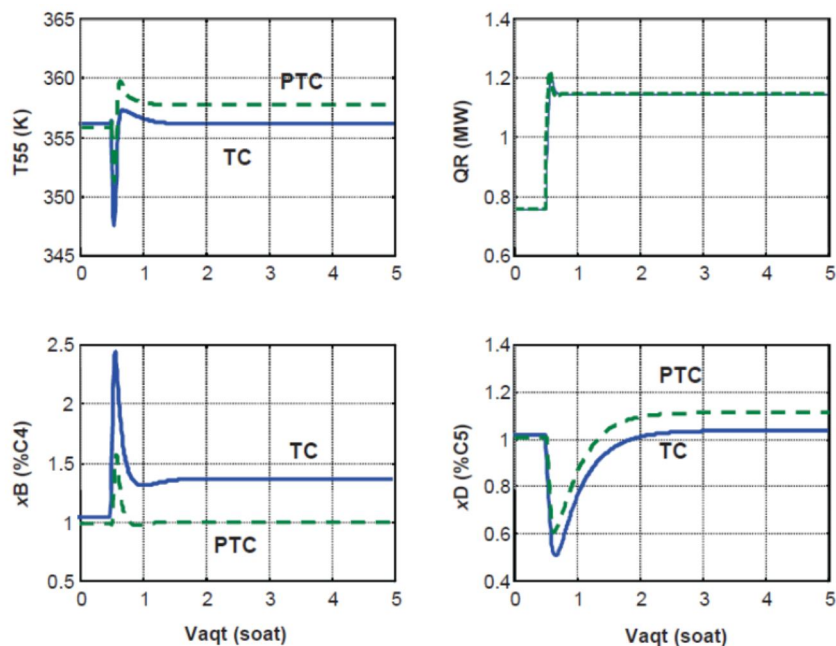
#### Tadqiqot natijalari va mulohazalar Dinamik modellashtirish natijalarini solishtirish

Jarayonga ikki xil g'alayonlashish ta'siri beriladi, hamda an'anaviy temperaturani roslash va bosimni kompensatsiyalovchi temperaturani roslash usullari bir-biri bilan solishtiriladi.

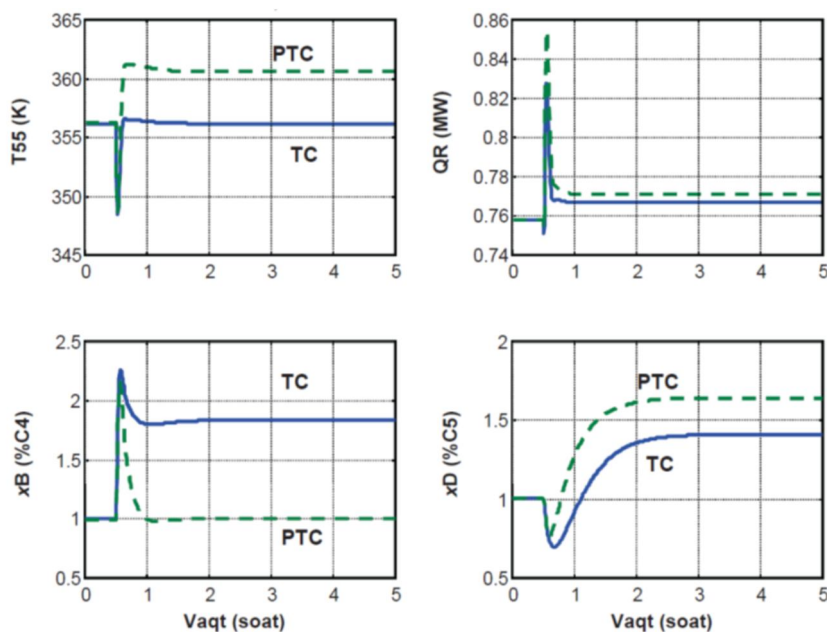
#### Kirish sarfiga ko'ra g'alayonlashish ta'siri

Kirish sarfi 50 %ga oshirilgan vaziyat uchun natijalar 6-rasmda keltirilgan. Uzuksiz chiziqlar (TC) an'anaviy roslash strukturasi natijalari bo'lib, bunda QR/F nisbat hamda 0,5 min kechikish hisobga olingan. Kirish sarfi rostlagichida belgilangan miqdor (SP) 0,5 soatda 100 dan 150 kmol/soatga o'zgartirildi. Temperatura rostlagichi 55-tarelkadagi temperaturani uning boshlang'ich qiymatiga roslaydi. Kolonnadagi bug' sarfi ortadi, bu esa tarelkadagi bosim psayishiga sabab bo'ladi. Natijada esa 55-tarelkadagi bosim ortganini ko'rish mumkin bo'ladi (3-rasmga qarang). Bir xil temperatura va yuqoriroq bosimda nisbatan yengilroq *nC4* fraksiya tarkibi ortib boradi. Bu esa o'z navbatida kub qoldig'i (*x<sub>B</sub>*) mahsulotida *nC4* komponent konsentratsiyasining ortib borishiga sabab bo'ladi, ya'ni aniqroq qilib aytadigan bo'lsak 1 dan 1,3 mol% ga ortadi (*x<sub>B</sub>* 6-rasmning pastki chap grafida ko'rsatilgan). Distillyatdagi *nC5* konsentratsiyasiga (*x<sub>D</sub>*) esa u darajada katta ta'sir ko'rsatmaydi (*x<sub>D</sub>* 6-rasmning pastki o'ng grafida berilgan).

6-rasmdagi shtrix chiziq (PTC) bosimni kompensatsiyalovchi temperaturani roslash natijalari hisoblanadi. Shuni yodda tutish kerakki, biz 55-tarelkda mavjud bo'lishi kutilayotgan *nC4* tarkibini aniqlayapmiz hamda QR/F nisbatni roslash orqali ushbu aniqlangan *nC4* tarkibini boshqarmoqdami. Tarkibni roslash datchigi miqdori *nC4* uchun 19 mol% sifatida belgilangan.



6-rasm. Kirish sarfi 50% oshirilganda an'anaviy va bosimni kompensatsiyalovchi temperaturani roslash natijalari.



7-rasm. Bosim oshirilganda an'anaviy va bosim kompensatsiyalangan temperaturani roslash uchun modellashtirish natijalari.

55-tarelkada bosimning ortishi  $nC4$  notozaligi ortadi degan farazga olib keladi, buning natijasida esa tarkib roslagichi (6-rasm, CC55) qaynatgichga (reboiler) berilayotgan issiqlik miqdorini oshiradi. 55-tarelkadagi temperatura barqaror bo'lmasdan, balki yuqoriroq qiymatga qarab ortib boradi (6-rasmdagi yuqori chap grafik). Natijada kub qoldig'idagi  $nC4$  notozaligi uning belgilangan 1 mol% qiymatiga ko'ra juda oz miqdorda o'zgaradi.

#### Bosim g'alayonlashishi

Reflyuks-barabandagi bosim g'alayonlashishi kolonnada modellashtirish orqali sinab ko'rildi. Agar energiya sarfini kamaytirish maqsadida kolonnadagi bosimni pasaytirilsa va atrof muhit ta'siri

ostida sovutuvchi suv temperaturasi o'zgarsa ushbu holat, ya'ni bosimning g'alayonlashish holati kuzatilishi mumkin bo'ladi.

Bosim roslagichi 0,5 soat mobaynida 4,5 dan 5,0 atm bosimgacha oshirilgan vaziyat uchun natijalar 7-rasmda keltirilgan. Bunda uzluksiz chiziqlar an'anaviy temperaturani roslash, shtrix chiziqlar esa bosim kompensatsiyalangan temperaturani roslash natijalarini bildiradi.

Bosim kompensatsiyalanmagan holatda kub qoldig'i mahsuloti tarkibida juda katta o'zgarish kuzatiladi. Kub qoldig'i tozaligi sifatini saqlab qolish uchun esa 55-tarelkadagi temperatura sezilarli ravishda ortadi. Modellashtirish natijalariga ko'ra, bosim kompensatsiyalangan temperaturani roslash an'anaviy temperaturani roslash usuliga nisbatan



samaraliroq bo'lar ekan. Ko'plab kolonnalarda bosimni kompensatsiyalash zaruriyati mavjud bo'lmaydi, chunki ularda bosim g'alayonlashishi va bosim pasayishi o'zgarishlari unchalik ahamiyatli bo'lmaydi. Lekin, sanoatda mahsulot sifatini nazorat qilish bilan bog'liq bosim kompensatsiyalanishi kerak bo'lgan bir qancha muhim vaziyatlardan chetlab o'tib bo'lmaydi.

#### **Xulosa**

Jarayonlarni avtomatik boshqarishda va rostdlash sifatini oshirishda bosim kompen-

satsiyalangan usuldan foydalanish miqdoriy jihatdan tahlil qilingan. Ushbu turdagi strukturani Aspen Dynamics dasturida qo'llash ko'rsatib o'tilgan.

Temperatura, bosim va mahsulot tarkibi kabi parametrlar orasidagi bog'liqlikni olishning sodda protseduralari keltirib o'tilgan.

Rektifikatsiya kolonnalarida boshqarilayotgan tarelkalardagi bosim o'zgarishi bilan boradigan jarayonlar uchun bosimni kompensatsiyalash usullaridan foydalanishning muhimligi asoslangan.

#### **REFERENCES**

1. Luyben W. *Plantwide dynamic simulators in chemical processing and control*. USA, CRC Press, 2002. 448 p.
2. Norkobilov A., Daniel G., Ortiz I. Process flowsheet analysis of pervaporation-based hybrid processes in the production of ethyl tert-butyl ether. *Journal of Chemical Technology & Biotechnology*, 2017, vol. 92. no. 6, pp. 1167-1177.
3. Riggs J. *Distillation: Inferential temperature control & single-ended control*. Available at: <https://controlguru.com/distillation-inferential-temperature-control-single-ended-control/> (accessed 20.12.2019)
4. Shinsky F.G., *Distillation Control for Productivity and Energy Conservation*. USA, McGraw-Hill, 1977. 365 p.
5. Luyben W., *Modeling, Simulation and Control for Chemical Engineers*. USA, McGraw-Hill, 1973. 339 p.
6. Tolliver T.L. *Control of distillation columns via distributed control systems* in Practical Distillation Control. Springer, USA, 1992. pp. 351-369.
7. Rhiel F.F. *Model-based control*, in Practical Distillation Control, van Nostrand-Reinhold, USA, 1992. 441 p.
8. Luyben W. *Heat-integrated columns*, in Practical Distillation Control. van Nostrand-Reinhold, USA, 1992. 492 p.
9. Luyben W. Evaluation of criteria for selecting temperature control trays in distillation columns. *Journal of Process Control*, 2006, vol. 16. no. 2. Pp. 115-134.
10. Norkobilov A.T. *Design of hybrid separation processes incorporating membrane technologies*. PhD thesis. Spain, 2017. 177 p.
11. *Aspen physical property system 11.1*. Aspen Technology, Inc., Cambridge, MA, USA, 2001. 436 p.