

1:2. Определены  $rK_v$  алифатических аминов в диметилформамиде. Проведена корреляция между  $rK$  нестойкости комплексов нитрата меди (II) с алифатическими аминами.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Сергеева В.Ф. Спектрофотометрическое изучение растворов хлорной меди / Сергеева В.Ф., Дементьев В.С. // Журнал неорганической химии. – 1960. – №7, т.5. – С.1601-1604.
2. Калиниченко Л.Т. Исследование комплексообразования хлорида и нитрата меди (II) с пиридином и его производными: дис. ... канд. хим. наук: 02.00.01 / Калиниченко Л.Т. – Днепропетровск, 1979. – 227с.
3. Сахаров А.П. О комплексообразовании меди с алифатическими аминами: дис. ... канд. хим. наук: 02.00.01 / Сахаров А.П. – Томск, 1970. – 155с.
4. Крамарева Н.А. Исследование комплексообразования бромистого никеля (II) с этаноламином, пиридином и его замещенными в неводных растворителях: дис. ... канд. хим. наук: 02.00.01 / Крамарева Н.А. – Днепропетровск, 1976. – 129с.
5. Бьеррум Я. Образование аминов металлов в водном растворе. Теория обратимых ступенчатых реакций / Бьеррум Я. – М.: ИЛ. – 1961. – 308с.
6. Антипова-Каратаева И.И. Исследование комплексов в растворах с помощью спектров поглощения в видимой и ультрафиолетовой областях / Антипова-Каратаева И.И. // В кн.: Современные методы анализа. Методы исследования химического состава и строения вещества. – М.: Наука, 1965. – С.107-122.
7. Булатов М.И. Практическое руководство по фотоколориметрическим и спектрофотометрическим метода анализа / Булатов М.И., Калинин И.П. – Л.: Химия, 1976. – 376с.
8. Гутман В. Химия координационных соединений в неводных растворителях / Гутман В. – М.: Мир, 1971. – 220с.

*Поступила в редколлегию 05.06.2013.*

УДК 665.663.4

ЛАРИЧЕВА Л.П., к.т.н., доцент  
КОЛЯДА О.Є., студент

Дніпродзержинський державний технічний університет

### **ВПЛИВ ЯКОСТІ ПРОПАНУ НА ПРОЦЕС ОХОЛОДЖЕННЯ СИРОВИННОЇ СУМІШІ ПРИ ДЕПАРАФІНІЗАЦІЇ НАФТОВИХ ОЛИВ**

**Вступ.** Для отримання низьких температур, які не можуть бути досягнуті охолодженням природними охолоджуючими агентами (водою, повітрям), використовують штучний холод. Найбільшим споживачем холоду у нафтопереробній промисловості є виробництво нафтових олив (депарафінізація олив та знеоливлення гачів), які є основним видом змащувальних матеріалів, призначення яких – зниження тертя та зносу поверхонь, що труться.

Початковим процесом виробництва нафтових олив є вакуумна перегонка мазуту, всі подальші стадії виробництва зводяться до різних видів очищення дистильної та залишкової сировини від сполук, що погіршують експлуатаційні властивості олив.

Депарафінізація нафтопродуктів проводиться з метою видалення парафінових вуглеводневих речовин, що виділяються при низьких температурах, і отримання олив з низькою температурою застигання. Процеси депарафінізації відносяться до числа найбільш технічно складних процесів технології переробки нафти. Тому важливе значення має вибір найбільш сприятливих умов їх здійснення, оптимальних режимів процесу.

Депарафінізацію проводять в різних розчинниках: у розчинах бензинової фракції, пропану, дихлоретану, кетонів, аміаку. В установках великої продуктивності більш доцільно використання у якості холодоагенту пропану.

**Постановка задачі.** Виробництво холоду майже не володіє інерційністю, тому є дуже чутливим до неточностей ведення технологічного режиму та якості холодоагенту. Інертні домішки, які містяться у холодоагенті, погіршують процес охолодження, негативно впливають на показники якості кінцевого продукту та продуктивність технологічної установки.

Метою роботи є дослідження впливу інертних домішок на тиск холодоагенту (пропану) і, як наслідок, на продуктивність установки депарафінізації.

**Результати роботи.** Дослідження проводилися у холодильному відділенні промислової комбінованої установки депарафінізації і знеоливлення Г-39-40, що призначена для депарафінізації дистильного та залишкового рафінатів і знеоливлення отриманих гачів та петролатуму з метою здобуття депарафінованих олив, парафіну і церезину. Схема установки Г-39-40 наведена на рис.1, холодильного відділення – на рис.2.

Холодильна установка призначена для забезпечення охолодження сировинної суміші, розчинника та технічного азоту і складається з пропанових кристалізаторів (охолоджувачів сировинної суміші та розчинника) Кр-10 – Кр-24, пропанових випарників (охолоджувачів технічного циркулюючого азоту після компримування) Т-45/(1-5), віддільників рідини Е-ІА – Е-ІГ, турбокомпресорів ТК-1 – ТК-7, переохолоджувачів пропану Т-3А, холодильників-конденсаторів повітряного охолодження Т-8/1-4, водяних холодильників-конденсаторів Т-8/5-6, лінійного ресивера Е-2А.

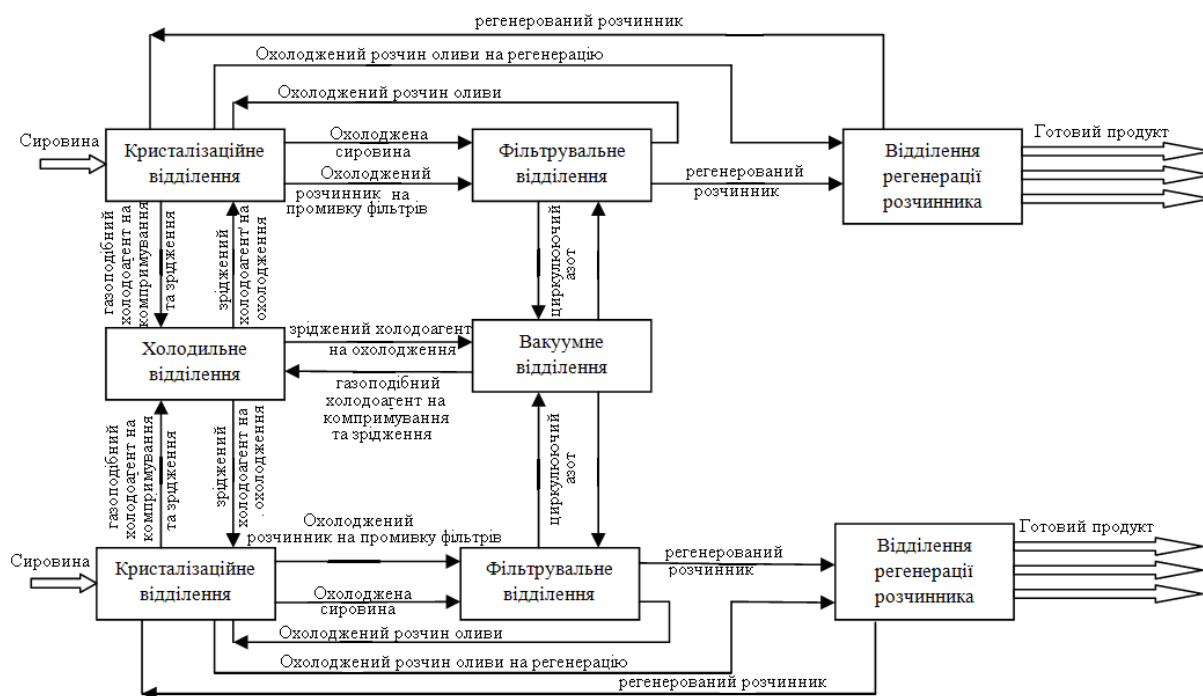


Рисунок 1 – Схема установки Г-39-40

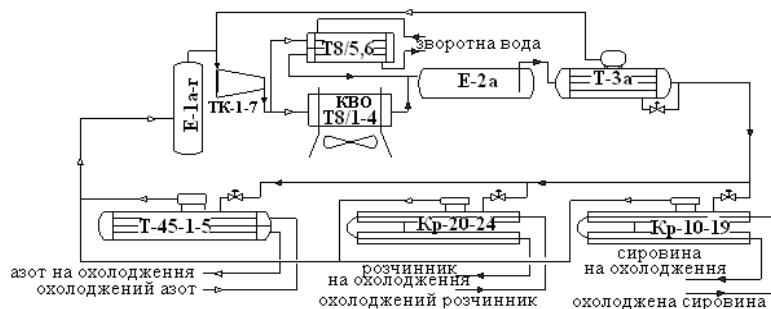


Рисунок 2 – Схема холодильного відділення

Технологія отримання холоду наведена нижче. Пари пропану з пропанових кристалізаторів та випарників з температурою не нижче мінус  $38^{\circ}\text{C}$  надходять у віддільники рідини, де відбувається відділення рідкого пропану внаслідок зміни швидкості і напрямку

руху парів останнього. Рідкий пропан з віддільників зливається в дренажні ресивери. Пари пропану з тиском не нижче  $0,02\text{ МПа}$  з віддільників рідини поступають на прийом I рівня стискування турбокомпресорів. Одночасно на III рівень стискування подаються пари пропану з міжтрубного простору переохолоджувача пропану з тиском в межах від  $0,3\text{ МПа}$  до  $0,49\text{ МПа}$ . Пари пропану з тиском не вище  $1,58\text{ МПа}$  і температурою не вище  $120^{\circ}\text{C}$  для ТК-1, ТК-2, ТК-4, ТК-5, ТК-7 і не вище  $130^{\circ}\text{C}$  для ТК-3, ТК-6 по двох колекторах подаються у паралельно працюючі холодильники-конденсатори повітряного охолодження і водяні холодильники-конденсатори. Після охолодження і конденсації рідкий пропан з температурою не вище  $43^{\circ}\text{C}$  зливається в лінійний ресивер і далі подається в трубний простір переохолоджувача пропану, де охолоджується до температури не вище  $16^{\circ}\text{C}$ . Охолодження відбувається за рахунок випару рідкого пропану, що подається з ліній виводу з трубного простору переохолоджувача в його міжтрубний простір. Переохолоджений рідкий пропан з Т-3А надходить в пропанові кристалізатори Кр-10 – Кр-24 і пропанові випарники вакуумного відділення.

Свіжий пропан, що використовується на установці, містить домішки метану, етану, пропилену і інших газів. Неякісний склад холодоагенту ускладнює підтримання необхідних технологічних параметрів. Домішки при тиску випаровування створюють у міжтрубному просторі апаратів газові вклучення, що ускладнює проникнення пропану до поверхні теплообміну, погіршуючи процес охолодження. Тиск домішок при температурі випаровування значно вищий, ніж тиск пропану. Це створює надлишковий тиск у апаратах та приймальному колекторі компресора і призводить до підвищення температури випаровування.

Підвищення тиску у колекторі нагнітання до  $1,6\text{ МПа}$  або у приймальному колекторі до  $0,1\text{ МПа}$  призводить до спрацьовування блокування, і компресори зупиняються. Якщо впродовж 15 хвилин компресори не вмикають у роботу, то технологічну установку необхідно виводити на циркуляцію. Якщо час зупинки зростає ще більше, виведення установки на технологічний режим потребує від однієї до п'яти діб. У період циркуляції, пуску установка використовує електроенергію, зворотну воду, пару, стисле повітря без виробництва товарної продукції. А це – енерговитрати, витрати реагентів та матеріалів.

Для запобігання накопиченню несконденсованих домішок в парах пропану періодично, в міру необхідності, проводиться віддув парів пропану з домішками з верхньої частини ресивера Е-2А в лінію паливного газу для утилізації спалюванням в технологічних печах або, частково, дренаванням на факел.

Розрахунки впливу домішок на якісні показники процесу отримання холоду у холодильній установці проводилися з використанням програмного комплексу Huprotech Ltd HYSYS версії 3.2, призначеного для моделювання процесів в стаціонар-

ному режимі, проектування хіміко-технологічних виробництв, контролю продуктивності устаткування, оптимізації і бізнес-планування в галузях видобутку і переробки вуглеводнів.

Для розрахунку були прийняті технологічні дані (тиск, температура, концентрація пропану та домішок), отримані на установці, а також наступні параметри: температура кипіння холодоагенту мінус  $35^{\circ}\text{C}$ ; температура конденсації  $40^{\circ}\text{C}$ ; температура охолодження  $30^{\circ}\text{C}$ ; температура переохолодження не більше  $16^{\circ}\text{C}$ ; тиск у приймальному колекторі 0,08 МПа; тиск нагнітання 1,5 МПа.

Як вказувалося вище, у реальних умовах експлуатації холодильної установки холодоагент містить крім пропану сторонні домішки, такі як метан, етан, пропілен та суміш бутанів (ізо- та нормальної будови). Співвідношення цих компонентів змінюється впродовж усього часу роботи установки. Останнє обумовлено тим, що система не ідеальна, і є втрати холодоагенту, для усунення яких здійснюється підживлення системи свіжим холодоагентом у кількості 4 кг на кожні  $1 \times 10^6$  ккал/год. Проектом та регламентом в установці передбачено використання пропану з вмістом останнього не менше 97 відсотків. На практиці ж використовується холодоагент такого складу: пропан 82-92%; метан та етан 4-14 %; решта – бутан.

Залежність тиску у приймальному колекторі та у колекторі нагнітання від якості пропану представлено на рис.3, 4, з яких видно, що чим більше домішок у холодоагенті, тим вищий тиск у системі і, значить, більша витрата холодоагенту на охолодження сировини при одній і тій же продуктивності установки. На практиці при високому тиску конденсації, щоб не збільшувати витрату холодоагенту, знижують продуктивність установки по сировині, тобто знижують ефективність роботи установки.

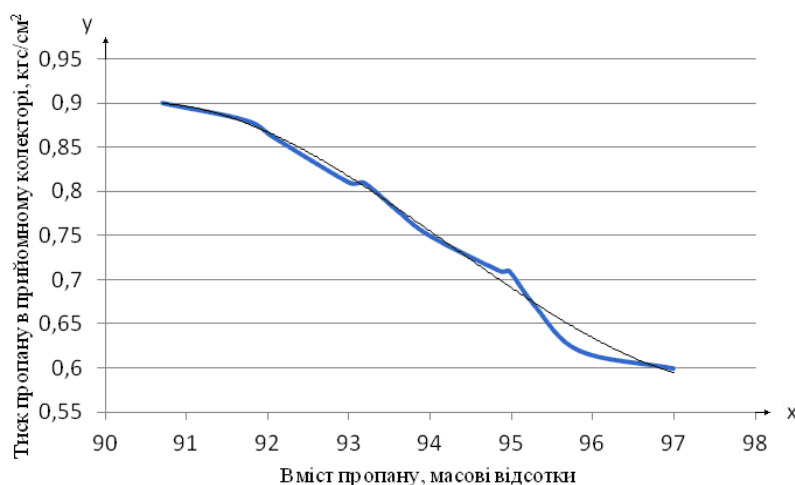


Рисунок 3 – Залежність тиску у приймальному колекторі від якості пропану

Якість пропану також істотно впливає на споживчу потужність компресора (рис.5). Чим нижча якість холодоагенту, тим більше енергії споживає компресор.

Проблема якості холодоагенту – це проблема ефективності роботи холодильної установки у цілому. Низька якість пропану призводить до погіршення умов роботи холодильної установки, зниження продуктивності останньої по сировині, збільшення затрат на експлуатацію, погіршення якості готового продукту. Рішення вказаних проблем можливе за рахунок підвищення якості пропану. Останнє же можливе, по-перше, проектуванням та монтажем вакуум утворюючої системи з метою зниження тиску випаровування холодоагенту; по-друге, застосуванням двоконтурної холодильної системи, тобто охолодження сировинної суміші проводити спочатку у пропанових кристалізато-

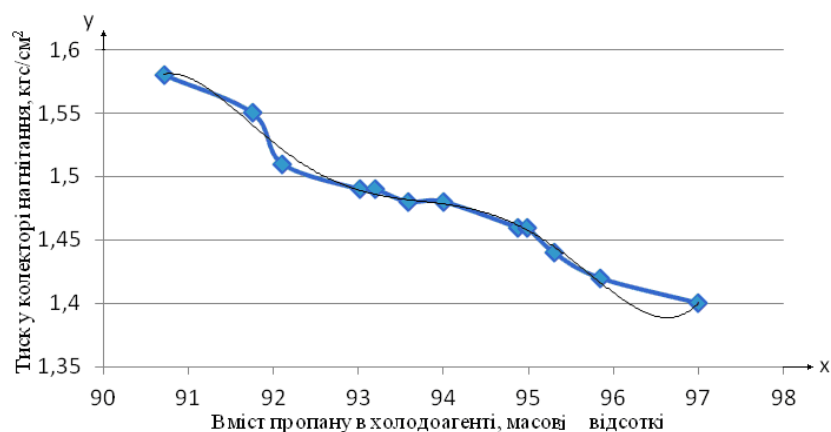


Рисунок 4 – Залежність тиску у колекторі нагнітання від якості пропану

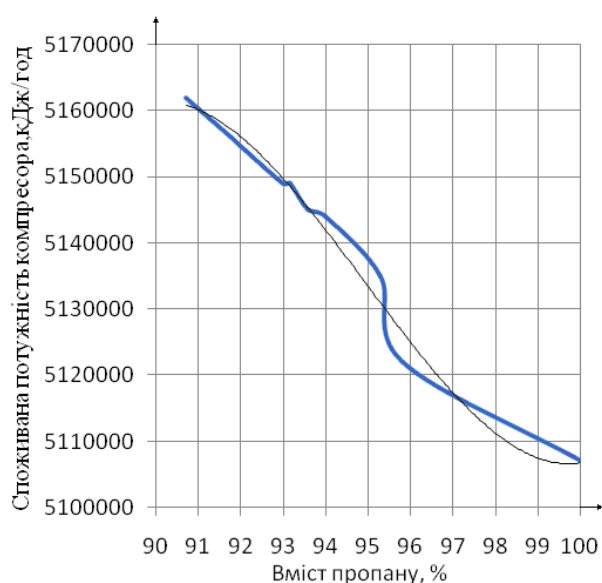


Рисунок 5 – Залежність споживчої потужності компресора від якості пропану

додаткового обладнання, такого як етанові компресори, конденсатори, трубопроводи, інше супутнє устаткування.

Третій шлях є найбільш доцільним, оскільки введення у схему колони деетанації дозволить здійснювати ректифікацію пропану, чим значно покращить якість останнього. Це дозволить знизити тиск холодоагенту у системі і тим самим покращити умови конденсації холодоагенту та збільшити ефективність теплообміну у пропанових кристалізаторах. Можливим буде застосування більш низьких температур охолодження сировини, збільшення продуктивності установки, зменшення витрат на компримування та конденсацію внаслідок зменшення споживання електроенергії компресорами і приводами повітряних холодильників-конденсаторів та витрати води у водяних конденсаторах. Схема запропонованої колони деетанації наведена на рис.6.

Вихідна газова суміш проходить насадку із кільцями Рашигу, де відбувається часткова ректифікація, та конденсатор-випарник, у якому при температурі мінус 35<sup>0</sup>С проходить інтенсивна конденсація пропану. Конденсатор-випарник – це теплообмінник, інтегрований у структуру колони, в трубному просторі якого проходять ма-

рах, а потім – додатково у етанових кристалізаторах; по-третє, застосуванням додаткового обладнання у вигляді колони деетанації.

Перші два шляхи малоприйнятні. Перший обмежений тим, що робота компресорів розрахована на певні технологічні параметри (робочі температуру, тиск у приймальному та нагнітальному колекторах), і хоча застосування вакуум утворюючої системи покращить теплообмін у кристалізаторах, але не усуне проблему надлишкового тиску в процесах компримування та конденсації.

Другий шлях потребує значних капіталовкладень на проектування, монтаж та експлуатацію

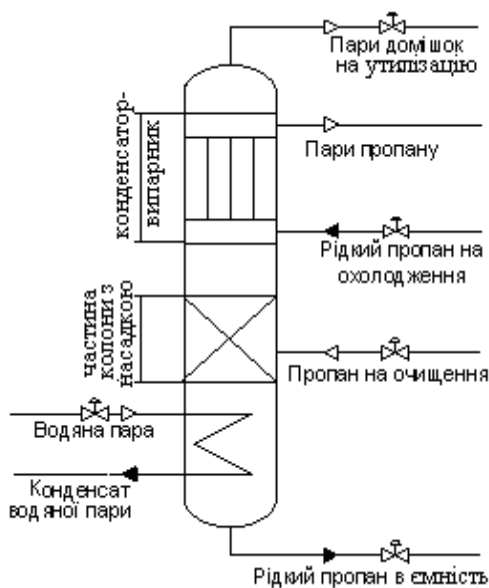


Рисунок 6 – Схема колони деетанації

на факел. Чистий пропан з нижньої частини колони по переливному трубопроводу стікає у дренажний ресивер, після наповнення якого витискається у лінійні ресивери.

**Висновки.** У процесі депарафінації нафтових олів використовують штучний холод. Технічний пропан, який застосовують на установці у якості холодоагенту, містить домішки метану, етану, пропилену і інших газів. Дослідження показали, що чим нижча якість холодоагенту, тим вищий тиск у системі, витрата пропану на охолодження сировини та споживча потужність компресора.

На практиці для запобігання збільшенню витрати холодоагенту внаслідок підвищення тиску конденсації свідомо знижують продуктивність установки по сировині, частину холодоагенту з домішками скидають на факел, або спалюють.

Для покращення якості холодоагенту пропонується ввести у схему отримання холоду додаткове обладнання – колону деетанації. Це дозволить здійснювати процес ректифікації пропану, чим значно покращить якість останнього і, значить, дозволить знизити тиск холодоагенту у системі і тим самим покращити умови конденсації холодоагенту та збільшити ефективність теплообміну у пропанових кристалізаторах. Можливим буде застосування більш низьких температур охолодження сировини, збільшення продуктивності установки, зменшення витрат на компримування та конденсацію внаслідок зменшення споживання електроенергії компресорами та приводами повітряних холодильників-конденсаторів і витрати води у водяних конденсаторах.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Богданов Н.Ф. Депарафинизация нефтяных продуктов / Н.Ф.Богданов, А.Н.Переверзев. – М: Государственное научно-техническое издательство нефтяной и горно-топливной литературы, 1961. – 249с.

Надійшла до редколегії 14.05.2013.