

де  $i''_{\Pi}$  – кінцева теплоємність теплоносія;  $i'_{\text{к}}$  – початкова теплоємність теплоносія;  $k$  – коефіцієнт теплопередачі;  $C_0$ ,  $C_{\text{к}}$ ,  $C_{\Pi}$  – питома теплоємність етилену початкова, кінцева та теплоносія відповідно.

Запишемо функцію Лагранжа:

$$L = \frac{1}{2}q(\theta_{\text{рк}} - \theta_{\text{рк}}^{\text{зд}})^2 + \frac{1}{2}rG_{\Pi}^2 + \lambda_1(G_{\Pi}(i''_{\Pi} - i'_{\text{к}})) - kF(\theta_{\Pi} - \theta_{\text{рк}}) + \lambda_2(S_0(C_0\theta_{\text{ро}} - C_0\theta_{\text{рк}})) + kF(\theta_{\Pi} - \theta_{\text{рк}}),$$

$$\frac{\partial L}{\partial \theta_{\Pi}} = \lambda_1(C_{\Pi}G_{\Pi} - kF) + \lambda_2kF = 0,$$

$$\frac{\partial L}{\partial \theta_{\text{рк}}} = q(\theta_{\text{рк}} - \theta_{\text{рк}}^{\text{зд}}) + \lambda_1kF + \lambda_2(-S_0C_{\text{к}} - kF) = 0,$$

$$\frac{\partial L}{\partial G_{\Pi}} = rG_{\Pi} + \lambda_1(i''_{\Pi} - i'_{\text{к}}) = 0,$$

$$G_{\Pi}^{N+1} = G_{\Pi}^N - k \frac{\partial L}{\partial G_{\Pi}^N}$$

Якщо розв'язати рівняння то знайдемо оптимальний критерій мініміальної витрати теплоагента для заданої температури.

### Список використаних джерел:

1. Юкельсон И. И. Технология основного органического синтеза [Текст]: учеб. Пособие / И. И. Юкельсон ; под ред. Урывалова Н. И. – М.: Химия, 1968. – 848 с. – Библиогр.: с. 806–819. – 3000 экз
2. Кичигин М. А. Теплообменные аппараты и выпарные установки [Текст] : учебник для вузов / М. А. Кичигин, Г. Н. Костенко. – М.: Госэнергоиздат, 1955. – 392 с. – Библиогр.: с. 192. – 3200 экз.

**Долинюк Б.С.**

*студент,*

*Національний технічний університет України*

*«Київський політехнічний інститут»*

## **АВТОМАТИЗАЦІЯ ВИПАРНИКА ЕТИЛБЕНЗОЛУ У ПРОЦЕСІ ОТРИМАННЯ СТИРОЛУ ДЕГІДРУВАННЯМ ЕТИЛБЕНЗОЛУ**

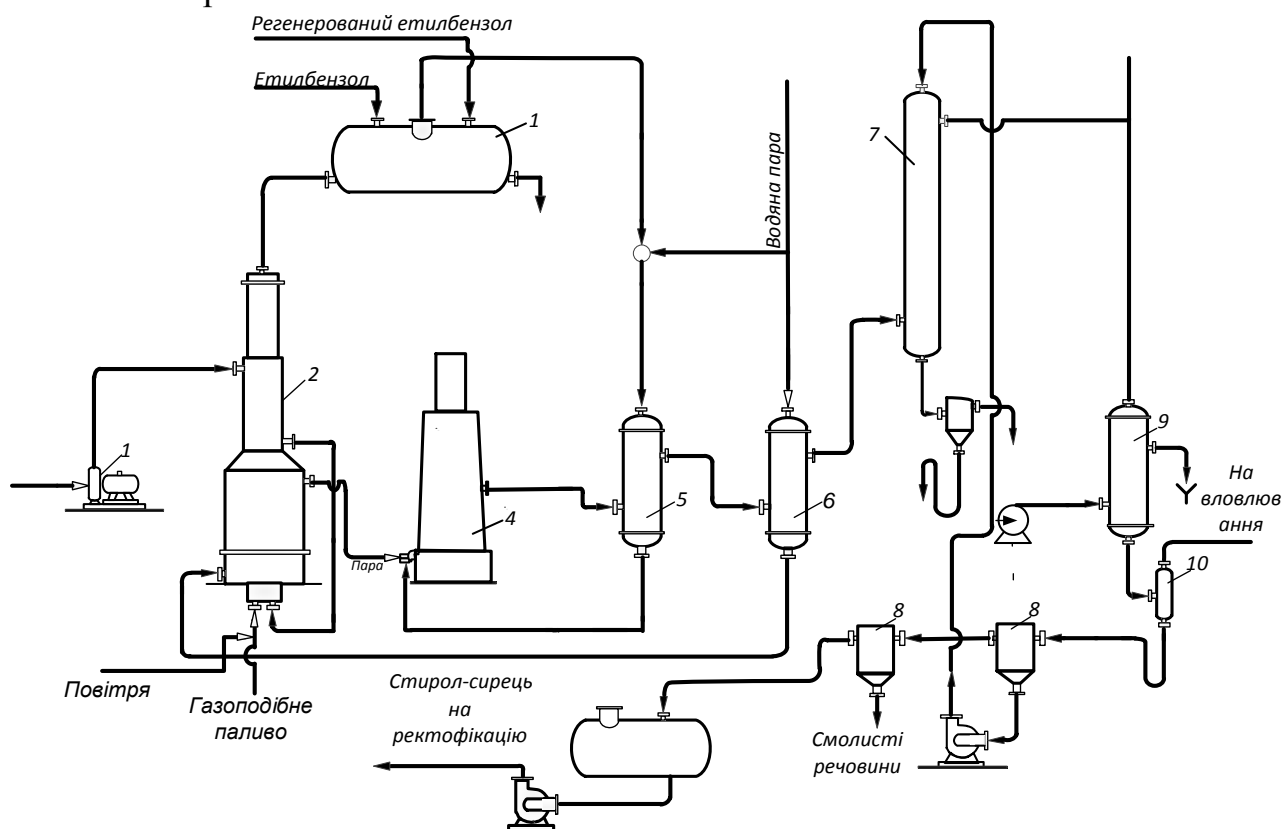
Стирол (вінілбензол)  $C_6H_5CH = CH_2$  виробляють у великій кількості для одержання бутадієн-стирольного каучуку і пластичних мас, також використовують як мономер для виробництва полістиролу, співполімерів з акрилонітрилом. У менших кількостях застосовуються як розчинник поліефірних пластмас і для модифікації алкідних полімерів, а також в якості добавки до моторного палива. Основним промисловим способом одержання стиrolу є дегідрування етилбензолу [1].

Для дегідрування етилбензолу найчастіше застосовують два типи апаратів: трубчасті з топками та шахтні (без трубок і топок).

Процес виробництва стиролу починається з того, що на вхід збірника етилбензолу подається етилбензол та регенований етилбензол, далі відбувається його випаровування; після цього його пари перегріваються до  $520^{\circ}\text{C}$  в теплообміннику 5, водяна пара перегрівається в теплообміннику 6 до  $385^{\circ}\text{C}$  та в печі до  $710^{\circ}\text{C}$ . В печі спалюють газоподібне паливо для економії якого тепло газів, що відходять з печі, використовують для нагрівання повітря, яке подається в піч, та для випаровування етилбензолу. При вході в контактний апарат пари етилбензолу змішуються з перегрітою водяною парою; суміш надходить на контактування при  $630^{\circ}\text{C}$ .

Процес одержання стиролу через дегідрування складається з таких апаратів повітродувка 1, піч для перегріву водяної пари 2, випарник етилбензолу 3, контактний апарат 4, теплообмінники 5,6, холодильний змішувач 7, роздільники 8, конденсатор 9, сепаратор 10, збірник стиролу сирцю 11.

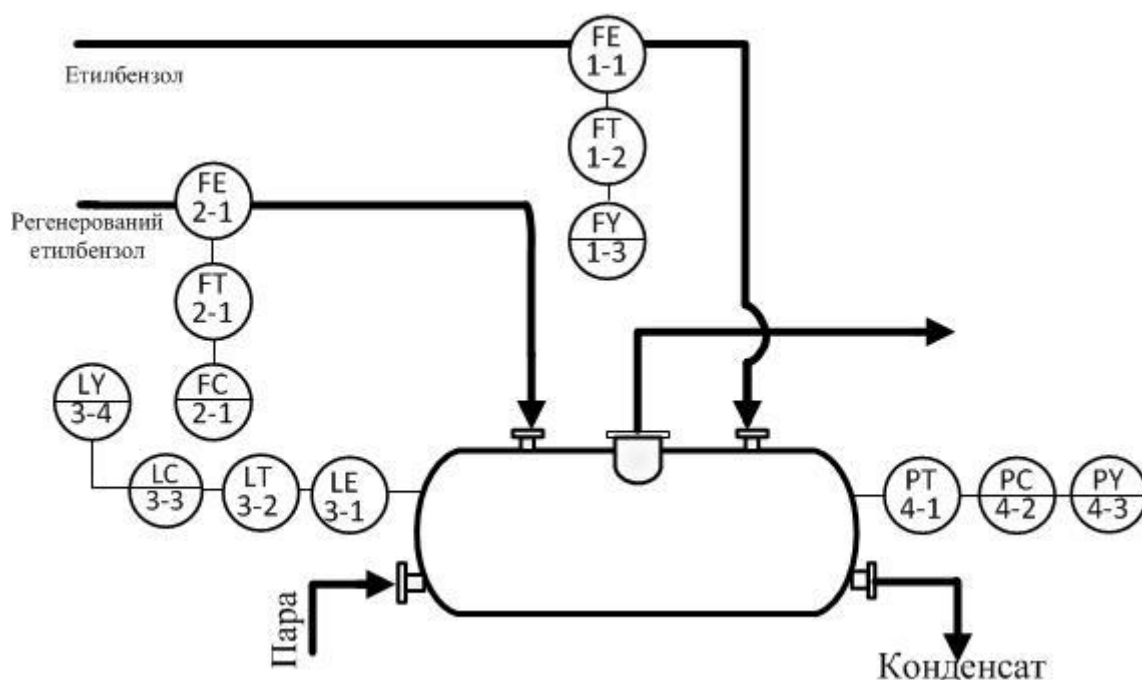
Технологічну схему виробництва стиролу через дегідрування етилбензолу показано на рис. 1.



**Рис. 1.** Технологічна схема одержання стиролу дегідруванням етилбензолу

Продукти реакції, що виходять з контактного апарата, мають температуру  $565^{\circ}\text{C}$  і охолоджуються спочатку в теплообміннику, де віддають своє тепло парам етилбензолу, а потім в теплообміннику 6, де їхнє тепло використовується для перегріву водяної пари. Далі в холодильнику змішування температура контактних газів знижується до  $105^{\circ}\text{C}$ , завдяки чому з газу конденсуються смолоподібні продукти, що утворилися в результаті побічних реакцій. В конденсаторі відбувається конденсація парів води, стиролу, етилбензолу, що

не прореагував, бензолу, толуолу та інших продуктів, які утворюються побічно. Конденсат у сепараторі відокремлюється від газів  $H_2$ ,  $CH_4$ ,  $C_2H_4$ ,  $CO$ ,  $CO_2$  (які також є продуктами побічних реакцій), а вуглеводні відокремлюються в роздільнику від води, відстоюються від смолистих речовин і через збірник стиrolу подаються на ректифікацію. Вода з роздільника надходить на зрошування холодильника змішування. Склад одержуваного стиrolу-сирцю приблизно такий (в %): Стирол – 37,0% ; Етилбензол – 61,0% ; Толуол – 1,0% ; Бензол – 0,6% ; Смола – 0,4% [2]. В роботі запропоновано схему автоматизації початкового етапу виготовлення стиrolу, а саме збірник етилбензолу, яка включає в себе ряд контурів, див. рис. 2.



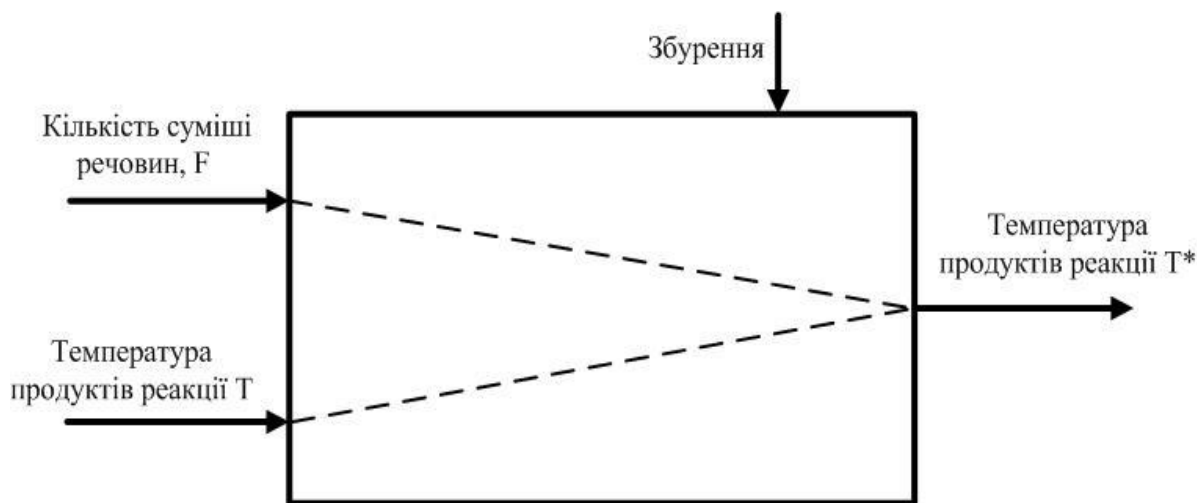
**Рис. 2. Схема регулювання параметрів випарника етилбензолу**

Система регулювання витрати етилбензолу складається з контурів: вимірювач витрати етилбензолу (поз. 1-1), нормувального перетворювача (1-2), регулятора (1-3) і виконавчого механізму (1-4). Регулювання рівня: включає вимірювач рівня (3-1), нормувальний перетворювач (3-2), регулятор (3-3) і суматор (1-4). Контур контролю тиску складається з нормувального перетворювача тиску (4-1), регулятора (4-2) і суматора (4-3). Система регулювання витрати регенованого етилбензолу складається з контурів: витратомір регенованого етилбензолу (1-1), нормувальний перетворювач (1-2) і динамічний компенсатор (1-3) [3].

Розроблена схема автоматизації дозволяє підвищити продуктивність виробництва стиrolу, шляхом підтримання технологічних параметрів в допустимих межах. Автоматизована система регулювання дає можливість досягти оптимальних режимів роботи технологічного устаткування, що відповідно подовжує наробіток до відмови приладів. Слід зазначити, що саме комплексна автоматизація процесу дозволяє уникнути аварійних режимів роботи обладнання, тобто підвищити безпечність всього виробництва в цілому.

Основним апаратом в схемі є контактний апарат. На вхід системи подаються пари етилбензолу і перегрітої водяної пари, суміш надходить на контактування при температурі  $630^{\circ}\text{C}$ . На виході отримуємо продукти реакції, які мають температуру  $565^{\circ}\text{C}$ .

Для забезпечення функціонування процесу отримання стиrolу дегідруванням етилбензолу у режимі збереження енергоресурсів, потрібно синтезувати відповідну систему керування. Використання математичної моделі процесу є основою сучасних систем керування. Першим кроком є побудова параметричної схеми об'єкту керування. Така схема було розроблена для контактного апарату, що зображена на рис. 3.



**Рис. 3. Структурно-параметрична схема контактного апарату**

На вхід контактного апарату подається суміш парів етилбензолу та перегрітої водяної пари. Детермінованими збуреннями в даній схемі будуть: кількість суміші речовин, температура продуктів реакції. Збуреннями, що не вимірюються, вважаємо температуру навколишнього середовища.

На підставі здійсненого аналізу особливостей технологічного процесу установки контактного апарату необхідно забезпечити автоматичний контроль та регулювання наступних параметрів: кількість парів етилбензолу та перегрітої водяної пари на вході в апарат; температури вхідних речовин; тиску; температури продуктів реакції на виході з апарату.

У подальшому необхідно побудувати математичну модель процесу на основі описаної вище структурно-параметричної схеми.

### Список використаних джерел:

1. Лукінюк М. В. Автоматизація типових технологічних процесів: технологічні об'єкти керування та схеми автоматизації [Текст] : навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл., які навчаються за напрямом «Автоматизація і комп'ют.-інтегр. технології / М. В. Лукінюк. – К.: НТУУ «КПІ», 2008. – 236 с. : іл. – Бібліогр.: с. 181-200.

2. Юкельсон И. И. Технология основного органического синтеза [Текст]: учеб. пособие / И. И. Юкельсон ; под ред. Урывалова Н. И. – М.: Химия, 1968. – 848 с. – Библиогр.: с. 198–203. – 3000 экз.

3. Олійник С. В. Випарник етилбензолу у виробництві стиролу як технологічний об'єкт керування [Текст] / С. В. Олійник, З. Я. Козаневич // Актуальні проблеми гуманітарних та природничих наук. Матеріали міжнародної науково-практичної конференції (м. Одеса, 3-4 квітня 2015 року). У 2-х частинах. – Херсон : Видавничий дім «Гельветика», 2015. – Ч. 1. – 184 с. : іл. – Бібліогр.: с. 3–7. – 100 пр. – ISBN 978-617-7041-96-8.

**Зань О.В.**

*студент,*

*Національний технічний університет України*

*«Київський політехнічний інститут»*

## **АВТОМАТИЗАЦІЯ ВІДПАРНОЇ КОЛОНИ У ПРОЦЕСІ СПОЛІМЕРИЗАЦІЇ БУТАДІЄНУ ТА СТИРОЛУ**

Великого промислового значення набули сополімери бутадієну та стиролу як найбільш універсальні та широко застосовувані із синтетичних каучуків.

Бутадієн-стирольні каучуки – типові каучуки загального призначення, які використовуються головним чином у виробництві шин. На основі бутадієн-стирольних каучуків виготовляють також багаточисленні резинові вироби, а також ізоляцію для кабелів, взуття, спортивні вироби та інше.

Одним зі способів отримання бутадієн-стирольного каучуку є спільна полімеризація бутадієну та стиролу [1].

Сополімеризацію бутадієну зі стиролом проводять у водних емульсіях. Основну кількість бутадієн-стирольних каучуків виробляють при 5°C (низькотемпературні каучуки), деякі марки отримують при 50°C (виськотемпературні каучуки). Низькотемпературні бутадієн-стирольні каучуки одержують з застосуванням ініціатора полімеризації окисно-відновних систем. Нині набула популярності необоротна залізопірофосфатна система з добавкою невеликих кількостей етендіамінтетраацетата натрію. Для припинення полімеризації під час досягнення заданої конверсії до системи вводять стопер – диметилдитіокарбамат натрію. Співвідношення мономерів і склад шихти щоб одержати бутадієн-стирольні каучуки визначаються маркою виробленого каучуку.

Процес отримання одного з сортів бутадієн-стирольного каучуку спільною полімеризацією бутадієну та стиролу показано на рис. 1. Він включає в себе такі апарати: 1 – збірник бутадієну, 2 – збірник стиролу, 3 – змішувач мономерів, 4 – напірний бак, 5 – змішувач водної фази, 6 – полімеризатор, 7, 8 – збірники латексу, 9 – вакуум-насос, 10, 13 – конденсатори, 14 – роздільник.

Технологічний процес одержання бутадієн-стирольних каучуків, здійснюваний по безупинній схемі при температурі 48°C, складається з таких стадій:

1. Приготування вуглеводневої і водної фаз.