

ВИЛУЧЕННЯ БІОБУТАНОЛУ ІЗ КУЛЬТУРАЛЬНОГО СЕРЕДОВИЩА

В.В. ГОРУПА

Національний авіаційний університет, м. Київ

В статті наведено аналіз актуальності виробництва біобутанолу в Україні та технологій його отримання. Наведені основні стадії технології виробництва біобутанолу, визначені пріоритетні напрямки їх вдосконалення. Описана нова технологія менш затратного виробництва біобутанолу, удосконалені процеси відділення культуральної рідини від бутанолу.

Ключові слова: ферментація, біобутанол, вилучення, адсорбент, цеоліт.

Промислове отримання біобутанолу досить розповсюджений процес в Бразилії, Америці, Китаї, Індії, Швеції та інших розвинених державах. Починаючи з 70-х років Бразилія та інші країни, з метою зменшення споживання моторного палива нафтового походження, до нього добавляють біобутанол, який в суміші може міститися в кількості до 20 відсотків за об'ємом [1].

До кінця 2013 року в Україні відбудуться кардинальні зміни в сфері застосування альтернативних палив. Запроваджується поетапне збільшення нормативно визначеної частки виробництва і застосування біопалива та сумішевого моторного палива. Вміст біобутанолу в бензинах моторних, що виробляються та реалізуються на території України, становитиме: у 2013 році – рекомендований вміст не менше 5 відсотків (об'ємних); у 2014-2015 роках – обов'язковий вміст не менше 5 відсотків (об'ємних); з 2016 року – обов'язковий вміст не менше 7 відсотків (об'ємних) [2]. Такі зміни в складі моторних палив викликані бажанням зменшити споживання моторних палив нафтового

походження, а також необхідністю завантаження агропромислового комплексу з використанням усіх його можливостей.

Бутиловий спирт – (бутанол) C_4H_9OH – безбарвна рідина з характерним запахом сивушного масла. Його використовують в хімічній промисловості і техніці [3]. Бутанол, отриманий за допомогою біохімічних процесів, називається біобутанол. Основним продуцентом бутанолу є бактерії *Clostridia acetobutylicum*. Під час синтезу бутанолу таким продуцентом окрім бутанолу утворюються ацетон та етанол у такому співвідношенні: 6:3:1. Така технологія має скорочену назву АБЕ (ацетон-бутанол-етанол). В спрощеному вигляді технологія отримання біобутанолу схожа з технологією спиртового бродіння, яка приведена на рис. 1 [4].

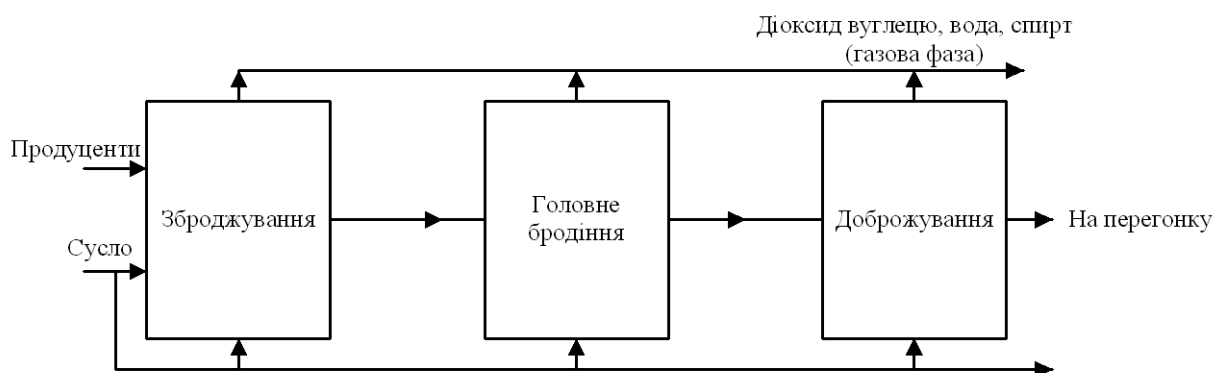


Рис. 1. Принципова схема ферментації біобутанолу

Основними етапами технології є підготовка поживного середовища, ферментація та розділення. Процеси підготовки поживного середовища в залежності від субстрату можуть відрізнятися, але їх ціль забезпечення оптимального рівня вуглецевмісних компонентів в поживному середовищі, що приблизно становить 23 % за сухою речовиною. Процес ферментації проводиться за безперервною схемою з використанням послідовно з'єднаних ферментерів до 3-6 шт., в яких відбувається поступове збільшення об'ємної концентрації вмісту спирту. Перед виділенням біобутанолу з культуральної речовини концентрація спирту в останньому реакторі не більше 2%. Організація безперервного процесу бродіння має кращі показники з точки зору продуктивності та енергоефективності процесу: вона призводить до зменшення

кількості використаного обладнання та подальших витратних статей виробництва, які з ним пов'язані.

Одними із найбільш енергоємних процесів при виробництві біобутанолу є процеси його виділення із культуральної рідини. Вони потребують великої кількості теплової енергії для забезпечення процесів випаровування спирту.

Витрати енергоносіїв на здійснення процесів виділення бутанолу сягають майже 60% від витрат на здійснення усього виробничого процесу. З огляду на великі енергетичні витрати, які є вирішальними для формування собівартості бутанолу, є доцільним здійснювати наукові пошукові роботи, які будуть спрямовані на виявлення та обґрунтування малозатратних процесів відділення бутанолу від культуральної рідини. Метою таких процесів є використання меншої кількості енергоресурсів, зменшення металоємності обладнання та забезпечення одержання біобутанолу з концентрацією не нижче 95%.

Вміст води в бутанолі за ГОСТ 5208-81 повинен складати не більше 0,4%, відповідно в такій суміші спирт складає 99.96% [5]. Не доцільно в технологічних схемах передбачувати процеси які б забезпечували таку високу концентрацію виходу бутанолу, по перше тому, що це буде впливати на його вартість, а по друге вода, яка міститься в незначній кількості в бутанолі не буде негативно впливати на якість суміші моторного палива. Є низка наукових робіт, пов'язаних з вивченням додавання води до моторних палив. Додавання води в дизельне паливо зменшує теплонапруженість камери згорання двигуна, водо-паливна емульсія є потужним засобом інтенсифікації процесу горіння. Розпилювання води у впускному колекторі бензинових двигунів призводить до збільшення потужності двигуна [6]. З огляду на це, потрібно проводити наукові дослідження з визначення можливого та ефективного вмісту води в паливних сумішах для бензинових та дизельних двигунів.

Вище наводилась доцільність пошуку більш ефективних процесів відділення спирту від культуральної рідини. Так, в США ведуться роботи з розроблення технологій відділення бутанолу з суміші за допомогою поверхнево активних речовин [7]. Застосування такого процесу розділення окрім

зменшення витрат енергоносіїв призведе до покращення умов протікання процесів ферментації. Такий спосіб відділення біобутанолу поєднаний з процесами ферментації, тому буде впливати на регулювання вмісту спирту в ферментерах. Можливість регулювання концентрації спирту в ферментерах призведе до збільшення біомаси. На рис. 2 представлена принципова схема такого процесу розділення.

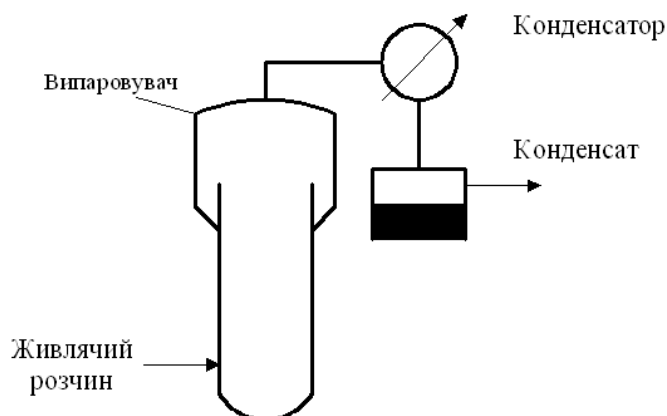


Рис. 2. Принципова схема розділення суміші за допомогою неіонних поверхнево активних речовин

Суть такого процесу розділення полягає у змішуванні реакційної суміші ферментеру з відповідним полімером, структура якого забезпечує захоплення молекул бутанолу. В подальшому даний полімер піддається термічній обробці у випаровувачі за температури 120 – 130°C, під час якої суміш бутанол та вода випаровується ($t_{\text{кип}} = 117,4 \text{ } ^\circ\text{C}$). В подальшому пари конденсуються в конденсаторі. Характеристики полімеру дозволяють його неодноразове використання. Звісно, така технологія має істотні переваги у порівнянні з дистиляцією, але, враховуючи температуру нагріву полімеру, вона теж потребує значної витрати теплової енергії, що і є її недоліком.

Враховуючи вимоги до бутанолу та особливості технології його отримання, доцільно мікробіологічне виробництво біобутанолу проводити за такою схемою. Принципова схема зображена на рис 3. Процеси підготовки середовища культивування та відповідно процес ферментації протікають без принципових змін. Відмінністю запропонованої схеми є удосконалення процесу

відділення бутанолу від культуральної рідини. В останній ферментер в необхідній кількості завантажується (цеоліт у формі гранул) сорбент. Підбірано цеоліт, який має здатність адсорбувати виключно розчин бутанолу та води [8]. Даний сорбент безперервним потоком завантажується в останній ферментер. Сорбент із ферментеру транспортується до збірника конденсату, в якому він перебуває деякий час для відділення його від культуральної речовини, що потрапила в збірник при захопленні транспортними пристроями. В подальшому культуральна речовина самоплинно перетікає в ферментер. Після збірника сорбент потрапляє у вакуумну камеру, де за рахунок глибокого розрідження відбувається його осушення. Осушення сорбенту в даній схемі проводиться періодично, тому, щоб забезпечити безперервну роботу технологічної схеми, потрібно в схемі передбачити встановлення двох вакуумних камер. Після осушення сорбент знову направляється у ферментер.

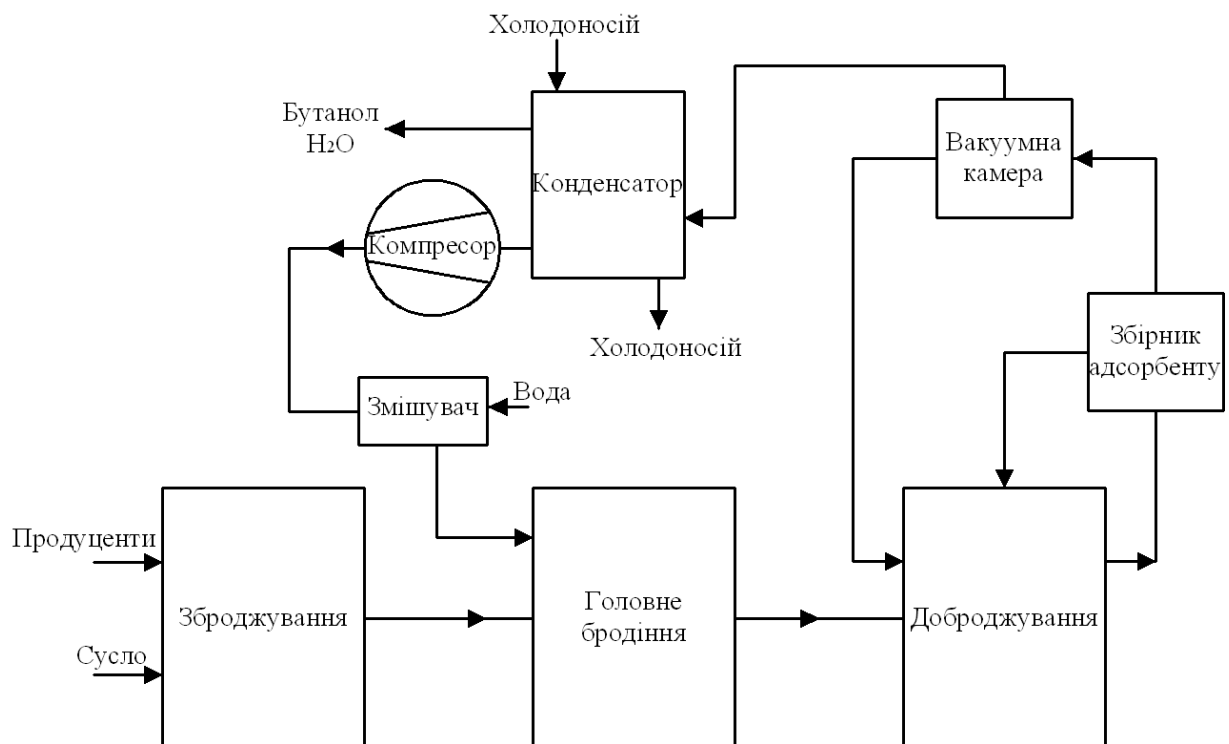


Рис. 3. Модернізована схема виробництва біобутанолу

Отримана водо-спиртова газова суміш конденсується в конденсаторі, з якого виходять неконденсовані пари, що в подальшому проходять багаторівневий змішувач барботажного типу, де розчиняються у воді і знову

потрапляють у бродильний чан. Зконденсований бутанол та вода збираються у відповідному збірнику, який встановлено після конденсатору. Враховуючи, що бутанол має малу розчинність (8,5% об'ємних), отримана спиртово-водна суміш легко розділяється. Дана схема виробництва біобутанолу, а саме схема його вилучення, має малі показники енерговитрат на здійснення процесу. Економія полягає у відсутності потреби підігрівати культуральну речовину, з метою забезпечення випаровування з неї спирту. Така технологія не може бути застосована для спиртів із меншою густиною, так як вони є повністю розчинними у воді.

ВИСНОВКИ

В даній роботі наведено аналіз технологій вилучення бутанолу із культурального середовища, вказано основні недоліки, та визначено напрямки вдосконалення технології його виробництва.

Запропоновано новий спосіб виділення біобутанолу із культуральної рідини, який здійснюється без підведення теплової енергії до зброженого середовища, тобто без дистиляції. За попередніми теоретичними розрахунками запропонований спосіб виділення біобутанолу в два рази зменшить витрату теплової енергії. Запропонована схема зменшить собівартість виробництва біобутанолу.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Спиртовмісні палива [Електронний ресурс] / Є.В. Полункін, С.О. Зубенко, О.О. Гайдай, О.В. Кузнєцова // Вісник НАУ. – 2010. – №2. –С. 137. – Режим доступу до журн.: <http://www.lib.nau.edu.ua/Journals/frmDoc.aspx?param=864>
2. Про внесення змін до деяких законів України щодо виробництва та використання моторних палив з вмістом біокомпонентів [Текст]: Закон України від від 19 червня 2012. № 4970 – 17 // Відомості Верховної Ради (ВВР), 2013, № 19-20, ст.177.

3. Попов Д.В. До використання біобутанолу в якості моторного палива / Д.В. Попов // Вісник Донецької академії автомобільного транспорту. – 2010. – №3. – С. 87-90.
4. Мальцев П.М. Технология бродильных производств / П.М. Мальцев. – М.: Пищевая промышленность, 1980. – 580 с.
5. ГОСТ 5208-81 Спирт бутиловый нормальный технический. Технические условия; введен. 01. – 07. – 1982. – М: ИПК Издательство стандартов, 1982. – 19 с.
6. Свистула А.Е. Повышение экономичности и снижение вредных выбросов дизеля воздействием на рабочий процесс присадки газа к топливу/ А.Е. Свистула, Д.Д. Матиевский // Вестник АлтГТУ. – 2000. – №2. – С. 122-128.
7. Extractive fermentation with non-ionic surfactants to enhance butanol production / Pradip B. Dhamole, Zhilong Wang, Yuanqin Liu, Bin Wang, Hao Feng // Biomass and Bioenergy. – 2012. – Vol. 40. – P. 112–119.
8. Брек Д. Цеолитовые молекулярные сита / Д. Брек; пер. с англ. А.Л. Клячко та інш. – М.: Мир, 1976. – 781с.

ИЗВЛЕЧЕНИЕ БИОБУТАНОЛА ИЗ КУЛЬТУРАЛЬНОЙ СРЕДЫ

В.В. Горупа

Национальный авиационный университет, г. Киев

В статье показана актуальность производства биобутанола как топлива в Украине и технологии его получения. Рассмотрены основные стадии производства, определены перспективные направления по усовершенствованию технологического процесса. Показаны новая технология менее затратного производства биобутанола, усовершенствованный процесс выделения биобутанола из культуральной среды.

Ключевые слова: *ферментация, биобутанол, выделение, адсорбент, цеолит.*

EXTRACTION BIOETHANOL FROM CULTURE MEDIUM

V.V. Gorupa

National Aviation University, Kiev

The article presents the urgency of biobutanol as a fuel in Ukraine and the production technology. The main stages of production, identify promising areas for improving the process are shown. The paper presents a new technology of biobutanol production that is less expensive with improved process of product extraction from cultural liquid.

Keywords: *fermentation, biobutanol, extraction, adsorbent, zeolite.*