

РЕФЕРАТ

Об'єм пояснювальної записки становить 77 сторінок складається з 7 розділів. Містить 3 ілюстрації, 12 таблиць.

МТБЕ, МТАЕ, ВЕК, СИНТЕЗ, МЕТАНОЛ, ІЗОБУТІЛЕН, АВТОМОБІЛЬНІ БЕНЗИНИ.

У пояснювальній записці представлено фізико-хімічне й технологічне обґрунтування процесу виробництва мітил-трет-бутилового ефіру (МТБЕ), технологічна схема діючого виробництва. Розрахунки основного й допоміжного технологічного встаткування, розрахунки матеріального й теплового балансів, наведені розрахунки термодинамічних величин основної реакції.. У розділі повністю автоматизований РРУ (реакційно-ректифікаційний вузол). У якості об'єкта проектування використане діюче виробництво МТБЕ. У проекті розглянуті хімізм і технологічні особливості оптимізації цілей підвищення продуктивності установки й зниження витрати енергії на виробництво МТБЕ шляхом застосування АРС.

					ДП.09.01.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Зміст

Вступ

1. Техніко–економічне обґрунтування
2. Технологічна частина
3. Контроль та автоматизація виробництва
4. Охорона праці
5. Компонівка технологічного обладнання
6. Екологія та охорона навколишнього середовища
7. Техніко–економічні розрахунки

Висновки

Annotation

Список використаної літератури

Додатки

					ДП.09.01.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

У сучасних умовах спостерігається неухильний і усе більш прискорюваний ріст світового автомобільного парку. Якщо зараз у світі експлуатується більш 600 мільйонів автомобілів, то прогнозується, що до 2010 року їх число виросте до одного мільярда. У міру свого розвитку автомобільний транспорт пред'являє все більші вимоги не тільки до кількості, але й до якості моторних палив, зокрема – до бензину.

Обмеженість і, в остаточному підсумку, скінчаємість світових запасів вуглеводородної сировини змушує нафтопереробників і нафтохіміків розробляти технологічні розв'язки для більш поглибленої переробки нафти, підвищуючи вихід світлих нафтопродуктів з кожної тонни нафти. Поряд з розв'язком цього завдання вирішуються дві фундаментальні проблеми:

- підвищення антидетонаційної стійкості бензинів, інакше – підвищення їх октанового числа,
- зниження шкідливих викидів у вихлопних газах автомобілів.

Історично першої вирішувалася проблема підвищення октанової характеристики бензинів. З погляду детонаційної стійкості прямогонні бензини тим гірше, чим більше в них лінійних і малорозвітвлених алканів. Для одержання більш розгалужених вуглеводнів використовували процес термічного риформінга. По суті справи це той же термічний крекінг, тільки сировиною служить не мазут, а важка фракція прямогонного бензину й температура процесу вище. У результаті термічної деструкції вуглеводнів бензин збагачується більш високооктановими легкими компонентами. Крім того, значна частина алканів переходить в алкени, які, як відомо, відрізняються непоганими детонаційними властивостями.

Однак були в термічного риформінга й недоліки. Багато вихідної сировини перетворювалося в газ, а продукт однаково мав не таке вуж високе октановое число (70–75 МОЧ). Крім корисних алкенів у ньому виявлялася й достатня кількість нестабільних диєнів. Тому доводилося застосовувати

					ДП.09.01.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

спеціальні антиокислювачі й стабілізатори, інакше бензин при зберіганні каламутнів, осмолявся.

Загалом, термічний риформінг не виправдав надій, що покладали на нього, і був витиснутий каталітичним риформінгом. Реакції ароматизації, що лежать у його основі, були відкриті ще в середині 30–х років ХХ століття. Ці каталітичні перетворення дозволяють дегідріувати нафтеніві вуглеводні в ароматичні. Одночасно відбувається дегідрування алканів у відповідні алкени, ці останні циклізуються відразу в циклоалкани, і із ще більшою швидкістю відбувається дегідрування циклоалканів в арени. Так, у процесі ароматизації типове перетворення наступне:



Одночасно із цими відбуваються й інші реакції, наприклад, ізомеризації. Це теж корисне перетворення, тому що ізосоединення підвищують октанове число катализата. Побічної, шкідливої тут вважається реакція гідрокрекінгу, коли вихідні алкани крекуються в газ. [5]

На початку 50–х років було зроблено дуже важливе відкриття. З'ясувалося, що платина, обложена на оксид алюмінію, є чудовим катализатором риформінга. Застосування нових катализаторів дозволило знизити робочий тиск, підвищити температуру, поглибити процеси ароматизації й у підсумку одержати бензин з октановим числом вище 90 ИОЧ.

Перші установки модернізованого процесу, названого платформінг, працювали при тиску 2–3 МПа. Потім почався процес безперервного вдосконалювання катализаторів і технології риформіровання прямогонних бензинів. У результаті з'явилися поліметалеві катализатори. У них до платини додають реній, кадмій, галій і інші рідкі метали. Октанове число бензину, що виходить, наблизилося вже до 100. Крім того, висока селективність нових варіантів риформінга забезпечує й дуже високий вихід палива. Сировиною каталітичного риформінга є фракції бензину 85–180°С.

									ДП.09.01.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

У цей час основним компонентом автобензинів вироблених у Росії є риформат зі змістом до 70 % мас. ароматичних вуглеводнів. Його кількість у товарних бензинах досягає 80% залежно від структури нафтопереробного підприємства. Однак, бензини з високим змістом ароматики, не витримують сучасних вимог по екологічній безпеці вихлопних газів автомобілів. У різних режимах роботи двигуна, зокрема, при форсованих режимах, збільшується викид Z , сажі й незгорілих ароматичних вуглеводнів, які визнані канцерогенами. Тому в країнах ЄС вироблені вимоги по максимальному змісту ароматичних вуглеводнів у бензинах, причому в перспективі воно повинне знижуватися (табл. 1.1). [7]

Другий шлях підвищення октанових характеристик бензинів – ізомеризація. Процес ізомеризації дуже схожий на каталітичний риформінг, тільки проводиться при значно більш низьких температурах, як того вимагає термодинаміка реакцій ізомеризації: чим нижче температура, тем вище вихід ізомерів, але тем нижче активність каталізатора й швидкість перетворень. Створення нових каталізаторів ізомеризації дозволило перейти від високотемпературної ізомеризації до середньотемпературної і в перспективі – до низькотемпературної. Зараз ізомеризація дозволяє підвищити октанове число бензинів головних фракцій на 15–20 пунктів, причому при невисоких витратах, тому дане напрямком нафтопереробки залишається актуальним і досить перспективним.

Коли більш ґрунтовно був вивчений процес детонації, з'ясувалося, що поряд зі зміною углеводородного сполуки, можна застосовувати спеціальні добавки до бензинів перекиси, що руйнують. Такі добавки назвали антидетонатори, і найбільш відомим і широко застосовуваним з них став тетраетилсвинець. Тетраетилсвинець – металоорганічна сполука, яка добре розчиняється у вуглеводнях нафти. Уже при температурах 200–250°C ця речовина розпадається на свинець і чотири етильних радикала C_2H_5 . Усі складові сприяють або вповільненню утвору перекісних сполук, або швидкому їхньому розпаду.

										Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

ДП.09.01.ПЗ

Однак, застосовувати тетраетилсвинець у чистому виді не можна. металевий свинець, Що утворюється, осаджується у вигляді нагару на стінках циліндра, поршня й незабаром робить роботу двигуна неможливою. Тому тетраетилсвинець на практиці змішують із різними алкилгалогенідами. В умовах високої температури вони розкладають і утворюють зі свинцем летучі солі, які віддаляються із двигуна разом з вихлопними газами.

Етилірованіє виявилось досить ефективним методом боротьби з детонацією. Додаток буквально часток відсотка етилової рідини в бензин дозволяє збільшити його октановое число на 5–10 пунктів. Але, на жаль, і свинець, і тетраетилсвинець особливо – дуже отруйні. Потрапляючи на шкіру, вони фільтруються в кров, і людей може важко занедужати. Свинцеві сполуки, що віддаляються із двигуна з вихлопними газами, осідають на ґрунті й прищляхової рослинності. Крім того, після винаходу каталізаторів дожига вихлопних газів автомобілів, з'ясувалось, що сполуки свинцю викликають їхнє отруєння. Тому, починаючи з 60–х років минулого століття, в усьому світі вводять усе більш тверді обмеження на етилірованіє пального. Є території й цілі країни, у яких застосування етилірованих бензинів уже заборонене повністю.

Розв'язок проблеми збільшення виробництва високооктанових неетилованих бензинів можливо за рахунок застосування октаноповишаючих добавок, розроблених на базі аліфатичних спиртів, діалкилових ефірів, ароматичних амінів і т.д. Використання оксигенатов у складі автомобільних бензинів досить добре відомо. Починаючи з 70–х років 20–го сторіччя основним напрямком робіт з одержання високооктанових бензинів, що задовольняють сучасним екологічним вимогам, стало використання різних оксигенатов у цілому ряді країн: Бразилія (етанол), Італія (МТБЕ), ФРН (МТБЕ й етанол), Фінляндія (МТБЕ й етанол), США (МТБЕ й етанол), Швеція (етанол), Росія (МТБЕ), Україна (МТБЕ).

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДП.09.01.ПЗ				

На практиці, крім зазначених вище оксигенатов застосовують також: метанол, ізопропанол (ИПС), трет-бутиловий спирт (ТБС), мітил-трет-аміловий ефір (МТАЕ), етил-трет-бутиловий ефір (ЕТБЕ), етил-трет-аміловий ефір (ЕТАЕ), діізопропіловий ефір (ДІПЕ).

Порівняння різних оксигенатов дає наступну картину: відомо, що практично всі нижчі кислородсодержащие сполуки мають високе октанове число – до 100 ИОЧ. А от у МТБЕ октанове число змішання доходить до 130 ИОЧ, залежно від углеводородного сполуки бензину, до якої додається МТБЕ. Метанол і етанол прекрасно розчиняються в бензині, мають непогані октанові числа змішання, але розчинні у воді. А оскільки в товарних бензинах завжди є вода, то спирт буде переходити у водну фазу й у ній відшаровуватися. У резервуарах при зберіганні він виявиться внизу. Щоб цього не відбувалося, потрібна добавка гомогенізатора, наприклад, ізобутилового спирту, а це вже дорожче. Із МТБЕ цієї проблеми немає, він розчинний тільки в бензині.

Нижчі спирти мають більш низьку температуру згоряння. Це значить, що запас палива в баку автомобіля повинен бути збільшений, або частіше треба гаяти час на заправлення. МТБЕ має рівну з бензином паливну характеристику. Мало того, наявність у ньому кисню суттєво поліпшує процес згоряння палива в циліндрах, підвищуючи економічність двигуна й знижуючи зміст у вихлопі продуктів неповного згоряння.

Основні напрямки розвитку технологічних процесів переробки нафти, а також і модернізації нафтопереробних підприємств практично всіх країн миру в останні десятиліття визначається екологічними вимогами, спрямованими, у першу чергу, на зниження шкідливих викидів в атмосферу. Уряду багатьох країн, де екологічні проблеми особливо актуальні, законодавчо закріплюють ті вимоги, які пред'являються до змісту шкідливих речовин у вихлопних газах двигунів внутрішнього згоряння. Ці вимоги викликають необхідність постійного поліпшення конструкції двигунів і технології очищення вихлопних газів. Вони ж поширюються й на моторні

					ДП.09.01.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

палива, у першу чергу це стосується антидетонаційних властивостей бензинів. В останні роки зростає споживання автобензинів з октановим числом 95 пунктів і вище, тому їх виробництво набуває важливого значення для кожної промислово розвиненому країни, у тому числі й для України.

У цей час, як у країнах ЄС (табл.1), так і в США певні основні вимоги до палив на період до 2010 року. [5]

Таблиця 1.1 – Існуючі й перспективні вимоги країн ЄС до бензинів.

Существующие и перспективные требования стран ЕС к бензинам

Показатели	2000–2004 гг.	2005–2009 гг.	2010 гг. и далее
Упругость паров по Рейду, мм рт.ст., не более:	468	451	451
Фракционный состав, %, не менее:			
до 100°С	46	46	46
до 150°С	75	75	75
Содержание серы, ppm, не более:	150	50	30
Содержание, % об., не более:			
ароматических углеводородов	42	35	25
бензола	1,0	1,0	0,7
олефинов	18	18	15
оксигенатов:			
— по кислороду	2,7	2,7	2,7
— по МТБЭ	15,0	15,0	15,0

[4]

МТБЕ застосовується в якості кислородсодержащей високооктанової добавки при компаундірованії бензинів. Значення його зростає у зв'язку із загальносвітовою тенденцією зниження змісту в бензинах ароматичних вуглеводнів. Добавки МТБЕ в бензини знижують летючість палива, поліпшують горіння углеводородних компонентів, тим самим, знижуючи зміст у вихлопних газах оксиду вуглецю на 15–30% і вуглеводнів на 7–8%. Вони також не приводять до корозії деталей двигунів і поліпшують їх потужності й економічні характеристики. Крім чисто фізичного збільшення виробництва автомобільних бензинів застосування високооктанових кислородсодержащих сполук сприяє економії нафти, завдяки зм'якшенню вимог до октановому числу традиційних компонентів.

В 1995 році ЕРА шт. Каліфорнія (США) опублікувало доповідь, у якій

повідомлялося, що екологічно чистий бензин, що містить МТБЕ, знижує:					Арк.
ДП.09.01.13					
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

1. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ

Вперше промислове виробництво МТБЕ було організоване в Італії в 1973 році на одному із заводів фірми «Anesh» в місті Равенне. Потужність першої установки в період пуску склала 100 тис. т/рік по цільовому продукту. У цьому процесі була застосована технологія, що була розроблена фірмою «Snamprogetti» спільно з фірмою «Anesh».

Період до 1987 року характеризується таким, що інтенсивно вводять до ладу установки по виробництву МТБЕ в більшості промислово розвинених країнах. Їх потужність до 1987 року досягла 877,5 тис. т/рік. Найбільші потужності сконцентровані в Італії, Німеччині, Великобританії, Бельгії. У країнах східної Європи – Болгарії, Угорщині, Румунії сумарна потужність аналогічних установок на той же період складала 300 тис.т/рік.

Проте, в цих країнах на кінець 90–х спостерігається дефіцит МТБЕ, що визначило їх технічну політику по тому, щодо інтенсивного вводу до ладу нових потужностей.

У СРСР в 1987 році були отримані перші партії МТБЕ за технологією, розробленою НИИМСК. Намічалось будівництво установок каталітичного крекінгу великої потужності, які повинні були забезпечити до 2000 року отримання 0,7–0,8 млн. т. ізобутену, на основі якого передбачалося виробляти більше 1 млн. т МТБЕ.

На Лисичанському НПЗ (ТОВ «Лінос») блок виробництва МТБЕ у складі комбінованої установки каталітичного крекінгу був введений в дію у 2000 році. Потужність його склала 40 тис.т/рік МТБЕ.

А тим часом не все так добре. Виробництво і споживання МТБЕ в США під ударом. У Конгресі США знаходяться більше 30 законопроектів, які передбачають обмеження або повне виключення МТБЕ як компоненту бензину.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДП.09.01.ПЗ

Арк.

це з того, що в 1990 році штат Каліфорнія вперше повідомив про виявлення МТБЕ в свердловинах для забору питної води, який потрапив туди витоку з резервуарів для підземного зберігання. Подібний випадок стався в 1995 році в місті Санта-Моніка.

Відповідно до результатів геологічного обстеження, виробленого в США в 1999 році, широкого розповсюдження забруднення ґрунтових вод МТБЕ не сталося. Результати цього дослідження показують, що в більшості випадків виявлена концентрація МТБЕ ледве перевищує мінімальний, такий, що піддається рівень (0,2 мкг/л) і, отже не небезпеки для здоров'я людини по існуючій класифікації ЕРА. Губернатор штату

Каліфорнія Грей Девіс, робоча група ЕРА і північно-східні штати визнали переваги МТБЕ для поліпшення якості бензину і заявили, що виявлені в ґрунтових водах концентрації МТБЕ не для здоров'я. Проте, вони рекомендували скоротити або виключити застосування МТБЕ із-за заклопотаності з приводу екологічного ризику для ґрунтових вод.

Заборона на МТБЕ завдасть сильного удару по активах міжнародних компаній, що МТБЕ. Очевидно, що перемогу у війні між етанолом і МТБЕ, яка розгорілася під час появи ринку для оксигенатів, візьмуть виробники етанолу. Це приведе до різкого стрибка цін на бензин, оскільки буде потрібно крупні капітальні витрати.

Значні витрати будуть пов'язані з переоснащенням НПЗ і терміналів для створення інфраструктури для транспорту і зберігання бензину, що містить етанол.

Велика Європи застосовує МТБЕ як компонент бензину і не жодних проблем з водою, завдяки жорсткішим програмам запобігання витоків з резервуарів. А вирішення проблеми витоків ліквідацією течії в резервуарах.

[10]

1.2 Теоретичні основи процесу.

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

ДП.09.01.ПЗ

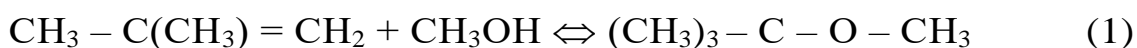
В основі синтезу МТБЕ лежить взаємодія метанолу і ізобутенів. Відомо два напрями синтезу МТБЕ і його аналогів. Вони розрізняються використанням гомогенних або гетерогенних каталізаторів кислотного–основного характеру.

Як гомогенні каталізатори запропоновані мінеральні кислоти (сірчана, фосфорна, соляна, борова), органічні сульфокислоти, каталізатори Фріделя–Крафтса. З їх недоліками є корозійна агресивність і складність від продуктів реакції.

Як гетерогенні каталізатори запропоновані оксиди металів (магнію, алюмінію, заліза, нікелю та ін.) і синтетичні цеоліти, наприклад ZSM–1 та ZSM–11. Останні вимагають проведення процесу при вищих температурах і нижчих об'ємних швидкостях подачі сировини і періодичної регенерації (що ускладнює процес).

Також як каталізатори запропоноване активоване вугілля, що містить функціональні групи, у тому числі сульфо– або карбоксилатні, а також іонообмінні смоли. Останні визнані найбільш ефективними і зручними для застосування в промисловому масштабі.

Цільова реакція отримання МТБЕ на такому каталізаторі протікає за типом електрофільного приєднання:



Механізм каталітичної дії сульфокатіонітів ще не достатньо ясний. Наприклад, на сульфокатіоніті порядок реакції по ізобутену – перший, по метанолу – нульовий. При зниженні концентрації метанолу в суміші порядок реакції по ньому стає першим, а по ізобутену – другим.

Реакція етерифікації екзотермічна, рівноважна ентальпія реакції в рідкій фазі складає 46 кДж/моль, в газорідинній – 65,7 кДж/моль.

										Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

ДП.09.01.ПЗ

Глибина реакції утворення МТБЕ обмежується досягненням термодинамічної рівноваги.

Пониження температури і збільшення молярного співвідношення метанол/ізобутилен сприяє збільшенню глибини перетворення ізобутилену, зниженню швидкості побічної реакції утворення діметилового ефіру (ДМЕ), збільшуючи тим самим селективність процесу.

Підвищення температури збільшує швидкість основної реакції, але при цьому збільшується також вихід побічних продуктів, знижується рівноважний ступінь перетворення.

Надмірне підвищення температури може викликати дезактивацію каталізатора і глибину перетворення реагентів до мінімального допустимого рівня. При підвищенні температури відбувається десульфування каталізатора, зміна його структури, що спричиняє за собою зміни процесу.

Постійне видалення МТБЕ із зони реакції знижує термодинамічні обмеження, наближаючи 100% ступінь конверсії ізобутилену.

Глибина перетворення сировини зростає із збільшенням молярного співвідношення метанол/ізобутилен. Але, при цьому, надлишок метанолу не має бути більше кількості необхідного для створення азеотропної суміші з вуглеводнями C₄.

Процес проводиться при молярному співвідношенні метанол/ізобутилен $= (1,1 \div 1,3) / 1,0$, при цьому із збільшенням концентрації ізобутилену в сировині молярне співвідношення знижується.

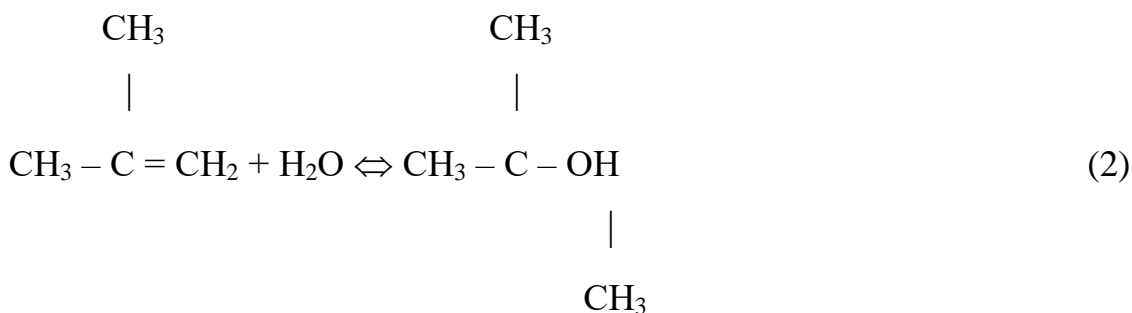
Побічними реакціями при виробництві МТБЕ є:

– гідратація ізобутилену за рахунок води з утворенням триметилкарбінолу (трет-бутилового спирту, ТБС)

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

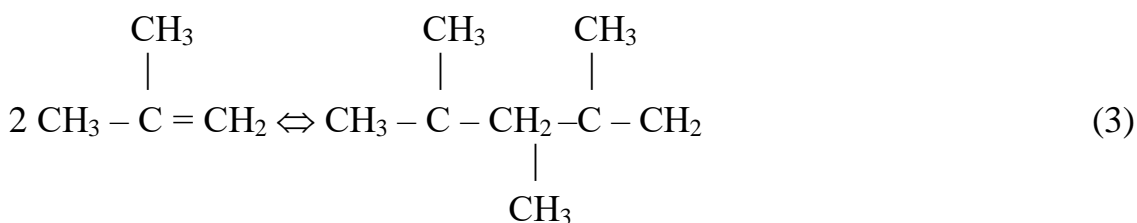
ДП.09.01.ПЗ

Арк.



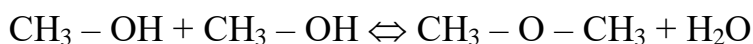
Утворення ТБС залежить від концентрації води, присутньої в початкових продуктах, тому в умовах реакції він утворюється в невеликих кількостях і не впливає на властивості МТБЕ.

– димеризація ізобутилену з утворенням діізобутилену (ДІБ) або 2,2,4-триметилпентен-4

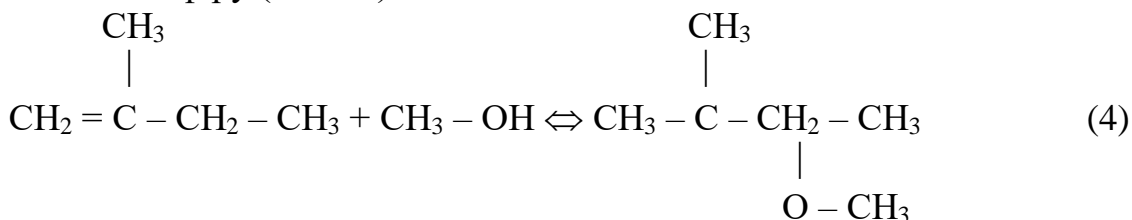


Селективність утворення ДІБ дуже мала (не більше 0,03%) за рахунок умов реакції і його присутність не впливає на якість МТБЕ.

– дегідратація метанолу з утворенням діметилового ефіру (ДМЕ) і води:



– взаємодія ізопентену з метанолом з утворенням метил-треталлілового ефіру (МТАЕ)



Наявність домішок в сировині призводить до зниження терміну служби каталізатора. Будь-які солі, сильні підстави або слабкі кислоти є домішками, які впливають на сульфогрупи іонообмінних смол.

Зазвичай проводиться очищення ББФ від можливих домішок сірчистих і азотвмісних, а також поглинання катіонів заліза у випадку, відбувається рециркуляція метанолу, що не прореагував, унаслідок корозії устаткування.

Метанол, що в процес, може містити до 0,0015% мурашиної кислоти. Частка кислоти виходить з реакторного блоку разом з відпрацьованою ББФ і в екстрактор, де газу промиваються водою. Для нейтралізації кислоти у воду вводиться розчин їдконого натру:



Метілтретбутиловий ефір є високооктановим кисневмісним компонентом автомобільного бензину. В порівнянні з іншими компонентами він має лаву переваг: температура кипіння, яка знаходиться в межах, відповідних інтервалу мінімальної детонаційної стійкості бензину; погана розчинність у воді; повне змішення з будь-якими вуглеводнями; низька щільність; не токсичний і стабільний при зберіганні. Добавка МТБЕ в бензин забезпечує велику повноту згорання і не вимагає змін в конструкції двигуна. Проте основна перевага МТБЕ – забезпечення різкого підвищення октанового числа бензину як по дослідницькому, так і по моторному методах, особливо головній фракції до 1000С, що має велике значення при розгоні автомобіля.

Об'ємна частка МТБЕ в бензинових сумішах, приблизно 7–11%, максимально допустима 15%.[7]

					ДП.09.01.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

використання азоту з об'ємною концентрацією кисню не більше 0,4%. Азот надходить із заводської мережі.

Химочищена вода для промивання газів азотного подиху й екстрактора. Якість химочищеної води відповідає "Правилам пристрою й безпечної експлуатації парових і водогрійних казанів і нормам ПТЕ для хживлення казанів тиском до 3,9 Мпа.

Водяний розчин їдкою натрію (NaOH) для нейтралізації залишкових мурашиної й сірчаної кислот, виведених з відпрацьованої ББФ із реакторного вузла. Розчин NaOH надходить зі складу реагентів цеху № 26 з масовою часткою не менш 15%.

Товарна продукція

Метил –трет–бутиловий ефір (МТБЕ), ТУ.В 00149943.534–2001.

Метил – трет–бутиловий ефір є новим ефективним і нетоксичним високооктановим компонентом бензину, що задовольняє вимогам двигателестроения й не забруднює навколишнє середовище. Стабільний при зберіганні.

Формула МТБЕ	C ₅ H ₁₂ O
Молекулярна вага	88,146
Питома вага при t = 150С	0,7456 г/см ³
Температура кипіння при 760 мм рт.ст.	550 ⁰ С
Температура плавлення	108,60 ⁰ С
Тиск насичених пар по Рейду	55 кПа
В'язкість динамічна при t = 200С	0,2958 сПз
Теплота згоряння	38220 кДж/кг
Теплота випару	337 кДж/кг
Розчинність МТБЭ на 100 м води при t = 200С	4,8 м
Азеотроп з водою, температура кипіння при Р=атм.	52,20 ⁰ С
Масова частка води в азеотропе	4,0%
Азеотроп з метанолом, температура кипіння при Р=атм.	51,60 ⁰ С
Масова частка метанолу в азеотропе	15%

										ДП.09.01.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							

Октановая характеристика по:

IM	115 – 135
MM	98 – 110

Об'ємна частка МТБЭ в бензинових сумішах приблизно, 7 – 11%,
максимально припустима – 15%.

Бензини, що містять МТБЕ, мають кращу детонаційну стійкість,
нетоксичні й не роблять впливу на організм людини й навколишнє
середовище.

Високооктановий ефірний компонент (ВЕК).

ВЕК є ефективним і нетоксичним високооктановим компонентом
бензину, що задовольняє вимогам двигателестроения й не забруднює
навколишнє середовище.

Питома вага продукту (~54% ефірів) при $t = 200\text{C}$	0,697 г/см ³
Температура кипіння	~400 ⁰ С

Залучення 10% з вмістом суміші ефіру підвищує октановое число на
1,4 – 2 од. залежно від детонаційної стійкості базових бензинів. [1]

2.2 Нове технологічне рішення

Установка виробництва метилтретбутилового ефіру (methyl tertiary-
butyl ether – МТБЕ) відіграє ключову роль в азіатському нафтохімічному
комплексі. На цій установці також одержують пропилен. Великий ринковий
попит на МТБЕ спонукав власників установки до пошуку збільшення
виробництва МТБЕ на установці вище її проектної потужності, причому ціль
була досягнута швидко й ціною малих витрат. Пріоритет був відданий
оптимізації умов експлуатації установки, а не великомасштабної
реконструкції.

Застосування звичайних систем керування не розглядався як варіант
для цього проекту. У виробництві МТБЕ застосовуються кілька груп

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

ДП.09.01.ПЗ

кінетичних, термодинамічних і фізичних параметрів. Багато з них не піддаються виміру, а деякі пов'язані з нелінійними залежностями.

Оптимізація, крім того, ускладнена інерційністю приладів і потенційно різною інтерпретацією явищ у процесі й різному реагуванні на них. Наприклад, ефект змін як сировина або в регулюванні експлуатаційних параметрів, що мали місце в даній робочій зміні, може виявитися тільки в наступній робочій зміні. Тим часом навмисні дії можуть бути замасковані або навіть дати протилежний ефект при недотепному втручанні або неправильних вказівках. Щоб уникнути непорозумінь, неполадок або випуску продукту, що не відповідає вимогам специфікацій, що обслуговує персонал незмінно виступає за рівномірну, безперебійну, помірну роботу.

Прогресивна система керування процесом (advanced process control – APC) є кращім підходом для знаходження правильного рішення в цій ситуації. Тому для даного проекту було проведено дослідження, що складається із двох етапів.

Етап 1. Визначення можливості оптимізації цілей підвищення продуктивності установки й зниження витрати енергії на виробництво МТВЕ шляхом застосування APC.

Етап 2. Технічна можливість й економічна доцільність застосування APC були підтверджені результатами дослідження і реалізація "етапу 2" почалася.

Нижче даний опис характеристик процесу, методології APC, математичного забезпечення й оптимизационных рішень у реальному масштабі часу за допомогою строгої моделі процесу. Розглянемо переваги проекту й фактори, що дозволили успішно перетворити цей проект у життя.

2.3 Характеристики процесу

Сировина на установку по виробництву пропилену й МТВЕ являє собою суміш "свіжих" С4 і попередньо очищеного рециклового рафината. У сировину – високий зміст ізобутілену (ІВ) (40 млн %).

									ДП.09.01.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

Процес МТВЕ (малюнок 1) заснований на застосуванні смолянокислотного концентрату, що прискорює екзотеричні реакції.

Швидкість реакції також підвищується в міру підвищення температури, і, навпаки, більше низькі температури й надлишкова подача метанолу сприяє збільшенню виходу МТВЕ при одночасному обмеженні небажаних реакцій.

Активність каталізатора знижується в міру його старіння, що ускладнює систему АРС. Ці реакційні характеристики повинні враховуватися при бажанні збільшити виходи МТВЕ. Для оптимізації установки за допомогою АРС потрібна точна модель процесу.

Реакційна секція. Свіже С4 сировину з установки дегідрування, метанол (MeOH) і рециркулюючий потік поєднуються й направляються у два основних реактори, у яких досягається більш ніж 90%–ва конверсія. Реактори працюють послідовно, і їхнє положення перемикається залежно від втрати активності каталізатора внаслідок його старіння. Реактор зі свіжим каталізатором звичайно працює в режимі "веденого".

Секція реактивної дистиляції. Потік, що виходить із реактора, надходить у колону під шар смолистого каталізатора. Додатковий MeOH може подаватися у верхню частину колони. Оптимізує керування цією колоною особливо ускладнено, тому що процеси дистиляції й реакції протікають одночасно. Поряд з можливістю виділення МТВЕ з потоку С4 і MeOH у верхній частині колони, у ній тривають всі реакції, що залишилися, перетворення в численних шарах каталізатора, розташованих вище крапки подачі сировини. Спостерігаються явища сильної нелінійності, головним чином через азеотропне змішання різних компонентів.

Реалізація проекту. Реалізація проекту була проведена у два етапи командою, що складається із представників компанії–замовника й постачальника АРС технології. Активне залучення обслуговуючого персоналу замовника мало важливе значення для успіху проекту й зниження

										ДП.09.01.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							

витрат. Значні зусилля потрібні були для надання обслуговуючому персоналу ідеї передачі технології й для полегшення самого процесу її передачі.

Етап 1. Етап 1 почався з аудиторської перевірки й аналізу експлуатаційних характеристик установки МТВЕ, що дозволило встановити базу для визначення переваг, які будуть досягнуті після уведення установки в експлуатацію. Контури керування технологічною принциповою схемою керування в цифровій системі керування були попередньо випробовані й точно настроєні в міру необхідності для моніторингу реагування на зміни в заданих значеннях регульованих величин і для підтвердження або модернізації структури програмного контролера системи АРС.

Були розглянуті питання розміщення КПП, зокрема, запропоновано модифікувати існуючий онлайн аналізатор і перемістити його в продуктивний потік МТВЕ.

Після перевірки стану встаткування й виявлення недоліків були визначені цілі регулювання й розроблена попередня стратегія керування. Дослідження потенційних переваг АРС показало, що вихід МТВЕ може бути збільшений на 2% у порівнянні з базовим варіантом, і це прийнято як ціль. Було досягнуто згоди про перехід до другого етапу із дворазовим збільшенням виходу МТВЕ як складової частини гарантії проекту.

Етап 2. Поряд із впровадженням рекомендацій з етапу 1 й етап 2 містив у собі наступне.

•Розробку ступінчатої методики тестування з використанням досвіду, накопиченого при попереднім тестуванні на етапі 1. Методика була розглянута й схвалена персоналом замовника й виконана командою АРС. Повільна динаміка процесу, що іноді перевищує вісім година для виходу на стійкий режим, вимагала більшого часу для проведення проміжних випробувань, чим спочатку планувалося.

•Конфігурацію прогностичних контролерів багатозв'язного регулювання (multi-variable predictive controller – MVPC) панелі керування й

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДП.09.01.ПЗ				

модуля основних експлуатаційних показників (key performance indicators – KPI).

- Моделювання й настроювання контролера.
- Розгляд динамічних модулів і перевірка поводження контролера в сценаріях, що вводять операторами панелі керування.
- Впровадження й тестування всіх компонентів програмного забезпечення, включаючи оптимізатора.
- Уведення в експлуатацію по призначенню.

Оптимізація APC містить у собі автономний засіб ідентифікації – змодельований в "сірому ящику" (gray-box) прогностичний контролер багатозв'язного регулювання, конструкцію й конфігурацію оптимізатора температури на вході в реактор із застосуванням точної кінетичної й термодинамічної моделі процесу МТВЕ.

MVPC містить у собі убудовану панель керування для того, щоб інженери й оператори могли відслідковувати й підтримувати функціональні характеристики контролера. На панелі керування є засоби захисту даних, що дозволяють інженерам безпечно користуватися тими самими дисплеями й важливими KPI для установки. Програмне забезпечення дозволяє включати в панель керування зовнішні обчислення, включаючи дані з реактора для застосування на моделі установки МТВЕ.

Динамічні моделі, отримані в результаті східчастого тестування, були інтегровані в пристрій, що імітує, для навчання операторів (operator training simulator – OTS) для повного випробування по призначенню. Ці зусилля не вимагали ні відповідності умовам замовника, ні додаткових витрат на проект. Застосування до установки МТВЕ показало, що час інтегрування програмного забезпечення на місці експлуатації значно скорочується.

Аудиторська перевірка, проведена після введення в експлуатацію, показує переваги, досягнуті завдяки застосуванню. У наступних розділах статті описані програмне забезпечення й підходи, використані на різних щаблях впровадження APC.

						ДП.09.01.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

Східчасте тестування й моделювання.

Команда проектувальників використала індустріальну систему ідентифікації для математичного забезпечення прогресивної системи керування (industrial system identification for advanced control ISIAC). Це програмне забезпечення використовується для обробки результатів східчастого тестування й побудови динамічних моделей. Функції програмного забезпечення по обробці даних дозволяють інженерам розподіляти зібрані дані по платах, з'єднувати різні плати даних і застосовувати обчислення до оброблених даних для створення нових обчислених змінних. Функціональність інструментального засобу моделювання дозволяє користувачеві попередньо обробити підібрані дані, вибрати найбільш підходящу з моделей різних типів, наприклад, кінцеву імпульсну характеристику (finite impulse response – FI) і самоповторювану порівняльну модель із екстенсивними змінними (auto–recursive extensive ARX) для порівняння реагування на зміни технологічних даних, з'єднання моделей, порівняння моделей і порівняння даних, отриманих на установці з відповідною реакцією моделі.

І, нарешті, убудований будівник графічної моделі застосовується для компонування контрольної матриці з переліку достовірних елементарних моделей. Керовані змінні (MVс) і залежні (обурені) змінні (DVс) пов'язані з відповідними безперервними змінними (CVс) через елементарні блоки, що містять достовірні моделі. Проміжні CVс й обчислені CVс можуть бути визначені на цьому етапі. Отриману в результаті цього динамічну матрицю у встановленому форматі потім експортують на MVPC файл для безпосереднього використання контролером.

MVPC. Це засноване на моделі багатозв'язний прогностичний регулюючий пристрій, що включає в себе просторову (state space) технологію, що дозволяє моделювати "сірий ящик" (gray–box). Модель, побудована на принципі "gray–box", стимулює відомі внутрішні причинно–

										ДП.09.01.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							

наслідкові залежності в регульовані змінні прогнози й імітує фактичну технологічну схему процесу.

MVPC забезпечує поліпшені характеристики в замкнутому контурі й надійність завдяки застосуванню моделей збурювань поряд з моделями типу "сірий ящик". Це дозволяє робити вибір між лінійним і квадратичним програмуванням з метою оптимізації й має конфігурацію для постановки зовнішніх оптимизационных цілей. Варіант зовнішньої мети застосовується для прив'язки контролера до оптимізатора температури в реакторі.

Досягається гнучкість у настроюванні контролера на роботу в режимі сервоспостереження (зі змінами заданих значень регульованих) і регульованому режимі (із придушенням збурювань), що забезпечує надійну й чудову роботу контролера. Контролер також постачений лійкою або варіантом звертання до траєкторії керування для кожної регульованої змінної, а також програмним забезпеченням для полегшення конфігурації й технічного обслуговування контролера.

Моделювання на принципі "сірого ящика". MVPC контролер сприяє застосуванню моделювання на принципі "сірого ящика". Цей спосіб компенсує невизначеності моделі. Відхилення траєкторій регульованих змінних від прогнозованого поведження можуть бути виявлені задовго до їхнього негативного впливу на регульовану змінну. Моделі типу "сірий ящик" допомагають поліпшити характеристики контролера для дуже нелінійних процесів.

Панель керування MVPC і модель KPI. Однієї з особливостей математичної моделі MVPC є те, що панель керування дозволяє інженерам й операторам експлуатувати контролер. Панель керування може мати конфігурацію з декількома екранами й постачена пристроями для легкої візуальної навігації; модуль KPI це один з подібних дисплеїв у панелі. Інші функції панелі полягають у керуванні MVPC (пуску, зупинці, ініціюванні контролера); спостереженні за характеристиками MVPC, наприклад, часом виконання (команд), числом виконуваних команд, зв'язністю DCS (таймер –

										ДП.09.01.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							

"сторожовий пес"), пристроях для відстеження тенденцій для швидкого аналізу характеристик контролера.

Конфігурація панелі керування може містити в собі пристрою для обчислень і прийому результатів від інших допоміжних пристроїв. У цьому випадку панель містить у собі оптимізатор температури в реакторі.

Моделювання й тестування контролера. Програмне забезпечення MVPC надходить разом з готовим до застосування пакетом моделювання, заснованому на розподільному шаблоні. Користувач може будувати конфігурацію шаблону для моделювання різних сценаріїв моделювання, що дозволяє користувачеві мимікрювати типові регулюючі дії операторів і порівнювати результати з результатами, отриманими в робочому режимі APC.

Крім того, екстенсивне тестування із застосуванням APC може бути проведене при модулюванні з підвищенням надійності й скороченні часу на етап онлайн настроювання й уведення в експлуатацію. Цей інструмент дозволяє користувачеві вводити різні рівні неузгодженості на моделі установки для тестування контролера.

Тестування в умовах застосування. Поряд з розподіленим моделюючим пакетом весь комплект APC, включаючи машинні документи по диспетчерському керуванню й збору даних (supervisory control and data acquisition – SCADA), стикування об'єктів і вкладення для конфігурації бази даних сервера (OPC), і розподілені параметри зв'язку були повністю випробовані перед впровадженням на місці експлуатації. Це дозволяє швидше інтегрувати й впровадити програмне забезпечення..

Тестування дозволило інженерам швидко завершити інтегрування програмного забезпечення на об'єкті з мінімальними проблемами при здійсненні зв'язку з DCS (розподіленою комп'ютерною системою) або базою даних у реальному масштабі часу. Цей набір був використаний для тонкого настроювання контролера, проведення заводських приймальних випробувань

					ДП.09.01.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

і створення панелі для навчання операторів для ілюстрації діагностичного поведіння установки й MVPC – чутливості для керування процесом.

Оптимізатор температури в реакторі. Оптимальна температура це баланс між протилежними ефектами конверсії й рівноваги. У міру підвищення температури підвищується конверсія з-бутилену й вихід МТВЕ, але реакційна рівновага спричиняє побічні реакції з утворенням небажаних продуктів. У результаті цього крива виходу МТВЕ має обмеження по максимальній температурі. Оптимальне положення залежить головним чином від швидкості подачі сировини й змісту ізобутілену.

На цьому конкретному об'єкті розглянуті параметри можуть часто змінюватися, тому що вони залежать від ринкового попиту на МТВЕ й пропилен. Зміни умов на установках дегідрування попередньої установці МТВЕ в схемі НПЗ, спричинять зміни в кількості і якості сировини, проданного на установку МТВЕ.

Модель реактора калібрована по фактичним технологічним даним. Вихідні дані моделі містять у собі оптимальну температуру на виході в реактор, оцінку глибину конверсії в реакторі, оцінку температуру на виході з реактора й активність каталізатора.

Модель застосовується онлайн у двох різних конфігураціях: у режимі навчання для оцінки активності й селективності каталізатора, і в робочому режимі з використанням моделі для обчислення оптимальної температури в реакторі для даного набору робочих умов. Режим навчання повинен бути реактивован, коли в реактор завантажують свіжу партію каталізатора.

Впровадження й результати

Застосування для керування й оптимізації складається з наступних моделей.

- MVPC, включаючи панель керування й КРІ модуль.

- Модуль аналізатора вірогідності для виключення введення помилкових даних.

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

ДП.09.01.ПЗ

•Точна, надійна кінетична й термодинамічна модель процесу одержання МТВЕ.

Застосування забезпечує 3–хвилинні цикли для MVPC й 5–хвилинні цикли для оптимізатора. Час повного виконання команди контролером було обумовлено модельною динамікою процесу.

Результати. Через кілька місяців після уведення контролера в експлуатацію була проведена аудиторська перевірка. Коефіцієнт використання APC перевищував 95 % щомісяця протягом шести місяців.

Дані в базовому варіанті (до впровадження APC) широко розкидані, і спостерігаються більші коливання у виході МТВЕ. Після впровадження APC розкид значно зменшився, і вихід МТВЕ став набагато вище. Ці зміни порозуміваються кращим керуванням установкою й, зокрема, регулюванням стехіометричних відносин в реакторі, кращим регулюванням MeOH у колоні реактивної дистиляції й оптимізацією температури на вході в реактор.

У результаті, як показано на гістограмі (малюнок 2), вихід МТВЕ збільшений на 2,7 %, що на 35 % перевищує гарантійні показники. Отриманий прибуток становить 3 долари на метричну тонну, забезпечивши швидку окупність інвестицій.

Фактори успіху. Застосування APC продовжує перевершувати очікування, а контролер й інші засоби програмного забезпечення добре сприймаються обслуговуючим персоналом. Факторами успіху є методичний підхід до проекту, застосовані засоби програмного забезпечення й компетентність обслуговуючого персоналу.

Методологія. Методологія проекту також важлива для його успіху, як правильно підібране програмне забезпечення й компетентний персонал. Наприклад, проект APC провалитися, якщо не належним чином проведене східчасте тестування. Контролер з ненадійними моделями веде до ненадійних результатів. Тому необхідно концентрувати увагу на наступних ключових щаблях застосування APC.

										ДП.09.01.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							

•Конструкція контролера – гарна конструкція припускає глибокі знання процесу і його апаратного оформлення; була визнана необхідність в оптимізаторі температури в реакторі, і його застосували в системі APC.

•Настройка DCS – веде до сталої роботи контролера.

•Процедури східчастого тестування – вони необхідні для забезпечення гарного східчастого тестування для одержання точних моделей контролера. Модель контролера є критично важливою частиною багатозв'язного прогностичного контролера. Поряд з методологією впровадження потрібен слідкуючий механізм для забезпечення стійких і довгострокових вигід. MVPC створює інформаційні файли, що дозволяють інженерам дистанційно відслідковувати функціональні характеристики контролера, підтримуючи його в робочому стані.

Засоби програмного забезпечення. APC і засобу оптимізації, включаючи MVPC, ISIAC, а також модель процесу були використані для виявлення й здійснення поставлених цілей застосування системи. MVPC здатний маніпулювати властивими нелінійними характеристиками, постачаючи інженерів й операторів конструктивними елементами MVPC панелі керування з убудованим оптимізатором й KPI модулем. Модуль процесу допомагає управляти контролером в умовах швидкостей, що змінюються, подачі сировини і його якості.

Навченій і відданий своїй справі персонал. Оскільки це був перший досвід по впровадженню APC на комплексі, багато зусиль було спрямовано на передачу технології. Команда, що здійснює проект, координувала свої дії із глибоким розумінням загальних цілей проекту, акцентувати увагу на відповідних знаннях й уміннях членів команди. Замовник забезпечив команду виконавців проекту необхідними знаннями за технологією процесу й інших даних, специфічними для даного об'єкту, а постачальник технології APC надав інженерів, що спеціалізуються на впровадженні APC, і інженерів, що мають досвід у моделюванні процесу, проведенні пуско–налагоджувальних робіт й введення в експлуатацію установок МТВЕ. Персонал замовника

										ДП.09.01.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							

пройшов великий курс навчання по експлуатації систем АРС із метою забезпечення й довгострокової бездоганної роботи. Програма навчання охоплювала різні модулі, починаючи з основних концепцій АРС до навчання базовим і прогресивним системам MVPC/ISIAC. Інженери АРС замовника у свою чергу навчали операторів перед проведенням пуско–налагоджувальних робіт й уведенням. [11]

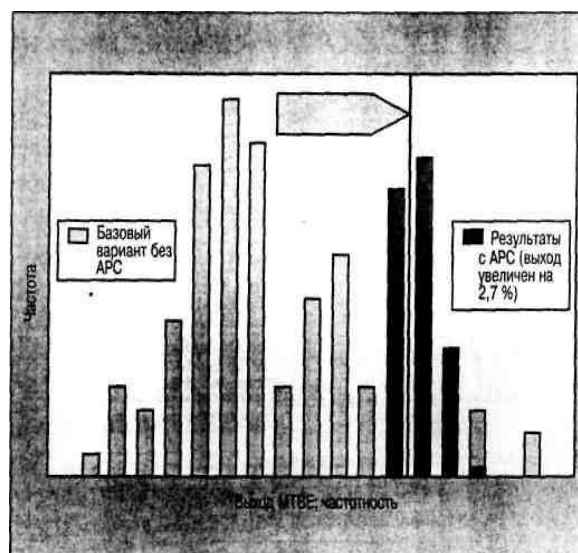
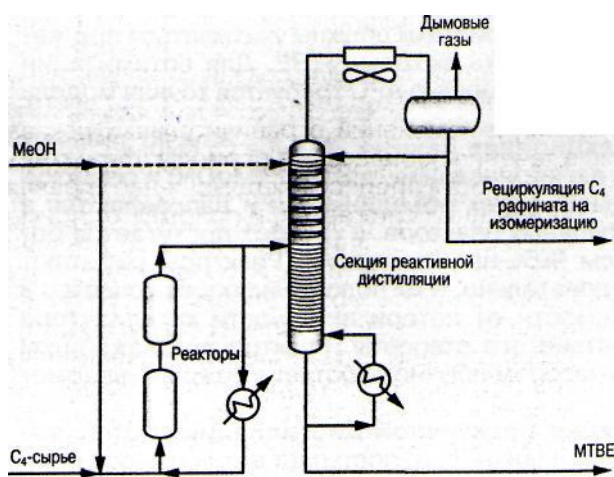


Рис 2.1 – Принципова технологічна схема установки МТВЕ
Рис. 2.2 Гістограма виходу МТВЕ

2.3 Опис технологічного процесу й технологічної схеми

Реакційно–ректифікаційний вузол (РРВ)

Процес синтезу МТБЕ здійснюється у дві стадії, у реакційно–ректифікаційному апараті, що полягає із двох виносних реакційних зон РТ–1, РТ–2 і двох ректифікаційних зон: нижньої КЛ–1/1 і верхньої КЛ–1/2.

Вихідна бутан–бутиленова фракція після блоку демеркаптанізації секції 300 надходить у буферну ємність Є–1 блоку МТБЕ. З буферної ємності ББФ насосом Н–1 подається у вузол змішання з метанолом.

					ДП.09.01.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Метанол подається насосами з реагентного господарства в сировинну позначка–нольну ємність Є–2. Потім двома послідовно встановленими насосами Н–2/1 і Н–2/2 метанол подається:

- частина метанолу надходить у вузол змішання із ББФ;
- частина після попереднього підігріву в теплообміннику АТ–3

надходить на верхній шар каталізатора в реактор синтезу РТ–2.

Сировинна суміш (метанол + ББФ) після вузла змішання подається в трубний простір теплообмінника АТ–1, де нагрівається за рахунок тепла товарного МТБЭ виведеного з куба КЛ–1/1. Потім суміш надходить у теплообмінник АТ–4, де додатково підігрівається паровим конденсатом, що подається в трубний простір. Далі нагріта до необхідної температури суміш направляється в адіабатичний реактор РТ–1, під нижній шар каталізатора.

Каталізатор КУ–2ФПП (Марка А, А₁, А₂) – макросітчаста іонообмінна смола, композиційна суміш поліпропілену й сульфірованого співполімеру стиролу й дівінілбензола, що володіє сильними кислотними властивостями. У реакторах РТ–1 і РТ–2 по три шари каталізатора.

Реакція в РТ–1 проходить у рідкій фазі при температурі 55–80°С. Температура в шарах каталізатора адіабатичного реактора РТ–1 підтримується як за рахунок температури вхідного сировини, так і за рахунок тепла екзотермічної реакції синтезу МТБЕ. Температура сировини регулюється зміною кількості парового конденсату, що подавати в підігрівник АТ–4.

Після реакції синтезу рідкі продукти, що полягають із МТБЕ, метанолу й ББФ, надходять ізверху РТ–1 на поділ у нижню ректифікаційну колону КЛ–1/1 на 24 контрольну тарілку. У результаті МТБЭ збирається в кубі колони, а ББФ із непрореагувавшим іС₄, метанол у вигляді пар надходять під нижній шар каталізатора реактора синтезу РТ–2.

Температура на 16 контрольній тарілці колони КЛ–1/1 регулюється зміною виходу конденсату водяної пари з міжтрубного простору виносного

								ДП.09.01.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

кип'ятильника ИП-1. Цим досягається якість одержуваного в КЛ-1/1 МТБЭ.

Товарний МТБЭ під тиском системи з куба колони КЛ-1/1 надходить у міжтрубний простір теплообмінника АТ-1, де віддає тепло вихідної суміші сировини (ББФ + метанол), потім прохолоджується в міжтрубному просторі водяного холодильника АТ-2 і виводиться на склад готової продукції.

Синтез МТБЭ в реакторі РТ-2 здійснюється в умовах двофазних потоків пара-рідина в присутності іонітного каталізатора при одночаснім поділі продуктів реакції. Під нижній шар каталізатора зверху нижньої ректифікаційної колони КЛ-1/1 надходять пари, що полягають із ББФ, метанолу, а на верхній шар каталізатора подається метанол від Н-2 і надходить рідкий продукт із куба верхньої ректифікаційної колони КЛ-1/2. Для поділу продуктів реакції в реакторі синтезу використовується як тепло пар ББФ, метанолу, МТБЕ вступників з нижньої ректифікаційної колони КЛ-1/1, що так і виділяється тепло реакції синтезу. Температура в реакторі синтезу РТ-2 регулюється як кількістю пари подаваного в кип'ятильник ІП-1, так і кількістю зрошення колони КЛ-1/2.

Рідкі продукти реакції синтезу, що полягають із МТБЕ з домішкою метанолу й ББФ, з куба РТ-2 насосом Н-3 подаються на поділ на верхню 28 тарілку колони КЛ-1/1 МТБЕ опускається в куб, а метанол і ББФ знову вертаються в РТ-2.

Парова фаза, зверху реактора РТ-2, що полягає з вуглеводнів, метанолу й слідів МТБЕ, надходить під нижню тарілку верхньої ректифікаційної колони КЛ-1/2, для поділу на відпрацьовану бутан-бутиленову фракцію з метанолом у вигляді азеотропа й МТБЕ із залишками метанолу.

Рідкі МТБЕ й метанол з куба ректифікаційної колони КЛ-1/2 самопливом надходять на зрошення РТ-2.

Відпрацьована ББФ із метанолом, виводиться зверху КЛ-1/2 і подається в апарат повітряного охолодження АТ-5/1 і АТ-5/2. Далі

										ДП.09.01.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							

сконденсована азеотропна суміш надходить у два послідовно встановлені холодильники АТ-6 і АТ-7, де прохолоджується оборотною водою І системи, потім надходить у рефлюксну ємність Є-3.

Азеотропна суміш із ємності Є-3 надходить на всас насоса Н-4 і далі частина її подається на зрошення верху колони КЛ-1/2, а балансовий надлишок відкачується в екстрактор КЛ-2.

Вузол екстракції й регенерації метанолу

Балансовий надлишок азеотропної суміші (ББФ + метанол) надходить в екстрактор водного відмивання від метанолу КЛ-2, під нижню тарілку. В екстракторі КЛ-2, обладнаному ситчатими тарілками, проводиться відмивання водою відпрацьованої ББФ від непрореагуваного метанолу.

Вода на верхню тарілку КЛ-2 подається насосом Н-5 з куба колони регенерації метанолу КЛ-3.

З верху КЛ-2 виводиться очищена від метанолу відпрацьована ББФ і надходить у відстійник Є-4, для відділення механічно віднесеної води. Відстояна вода з відстійника Є-4 періодично в міру нагромадження, виводиться в дренажну ємність.

Очищена від метанолу відпрацьована ББФ зверху відстійника Є-4 під власним тиском парк зріджених углеводородних газів.

Нижній продукт колони КЛ-2 – вода з метанолом під тиском системи надходить у міжтрубний простір теплообмінника АТ-8, де підігрівається промивною водою з куба колони КЛ-3 до температури 70–90°C і подається в колону КЛ-3 на 28 тарілку для регенерації метанолу.

Ректифікаційна колона КЛ-3 обладнана виносним кип'ятильником ІІ-2. Температурний режим колони КЛ-3 забезпечується зміною кількості пари подаваного в кип'ятильник ІІ-2 і подаваного зрошення наверх колони.

Пари метанолу, виведені із КЛ-3, конденсуються в апарату повітряного охолодження АТ-9, потім доохолоджуються у водяному холодильнику АТ-10 і надходять у ємність Є-5.

					ДП.09.01.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Метанол з Є-5 насосом Н-6 подається на зрошення колони КЛ-3, а надлишок метанолу – подається в сировинну метанольну ємність Є-2, тобто вертається в процес синтезу й тому називається метанол-рецикл.

Вода з куба колони КЛ-3 подається насосом Н-5 у трубний простір теплообмінника АТ-8, де віддає тепло метанольній воді із КЛ-2, прохолоджується водяних холодильниках АТ-11, АТ-12, потім надходить на 40 тарілку екстрактора КЛ-2. [1]

					<i>ДП.09.01.ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

2.4. Розрахунки матеріального балансу

Потужність реактора n , кг/год, по формулі:

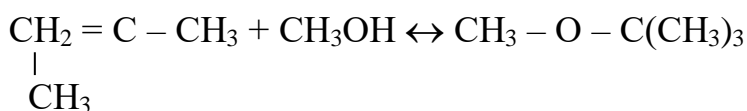
$$n = \frac{N}{\tau} \quad (2.1)$$

де : N – продуктивність блоку, т/год;

τ – 8000 год – термін служби каталізатора, год;

$$n = \frac{52000}{8000} = 6.5 \text{ т/год} = 6500 \text{ кг/год}$$

Реакція одержання МТБЕ:



$$M(\text{iC}_4) = 56 \text{ кг/кмоль}$$

$$M(\text{CH}_3\text{OH}) = 32 \text{ кг/кмоль}$$

$$M(\text{МТБЕ}) = 88 \text{ кг/кмоль}$$

Розраховуємо масу ізобутілену (iC_4) по реакції:

$$m(\text{iC}_4)_{\text{реакції}} = \frac{M(\text{iC}_4) * n}{M(\text{МТБЕ})} = \frac{56 * 6500}{88} = 7159 \text{ кг/год} \quad (2.2)$$

Згідно з регламентом ступінь конверсії (α) ізобутілену 99%.

Розраховуємо масу ізобутілену з урахуванням ступеня конверсії:

$$m(\text{iC}_4)_\alpha = \frac{m(\text{iC}_4)_{\text{реакції}}}{\alpha} = \frac{4136}{0,99} = 4178,1 \text{ кг/год} \quad (2.3)$$

ББФ містить 12% масс. ізобутілену [1], тоді маса всієї ББФ складе:

$$m(\text{ББФ})_{\text{общ.}} = \frac{m(\text{iC}_4)_\alpha}{0,12} = \frac{4178,1}{0,12} = 34817,9 \text{ кг/год} \quad (2.4)$$

					ДП.09.01.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розраховуємо масу метанолу по реакції:

$$m(\text{CH}_3\text{OH})_{\text{реакції}} = \frac{M(\text{CH}_3\text{OH}) * n}{M(\text{МТБЕ})} = \frac{32 * 6500}{88} = 2363,6 \text{ кг / год} \quad (2.5)$$

Згідно з регламентом ступінь конверсії (α) метанолу 98%:

Розраховуємо масу метанолу з урахуванням ступеня конверсії:

$$m(\text{CH}_3\text{OH})_{\alpha} = \frac{m(\text{CH}_3\text{OH})_{\text{реакції}}}{\alpha} = \frac{2363,6}{0,98} = 2411,9 \text{ кг / год} \quad (2.6)$$

Розраховуємо масу непрореагуваного ізобутілену:

$$m(\text{iC}_4)_{\text{непрор.}} = m(\text{iC}_4)_{\text{реакції}} - m(\text{iC}_4)_{\alpha} = 4178,1 - 4136 = 42,1 \text{ кг / год} \quad (2.7)$$

Розраховуємо масу відпрацьованої ББФ:

$$m(\text{ББФ})_{\text{отраб.1}} = m(\text{ББФ})_{\text{общ.}} - m(\text{iC}_4)_{\alpha} = 34817,9 - 4178,1 = 30639,8 \text{ кг / год} \quad (2.8)$$

Розраховуємо масу відпрацьованої ББФ із обліком непрореагуваного ізобутілену:

$$m(\text{ББФ})_{\text{отраб.2}} = m(\text{ББФ})_{\text{отраб.1}} + m(\text{iC}_4)_{\text{расх.}} = 30639,8 + 42,1 = 30681,9 \text{ кг / год} \quad (2.9)$$

Розраховуємо масу непрореагировавшего метанолу:

$$m(\text{CH}_3\text{OH})_{\text{непрореаг.}} = m(\text{CH}_3\text{OH})_{\alpha} - m(\text{CH}_3\text{OH})_{\text{реакції}} = 2411,9 - 2363,6 = 48,3 \text{ кг / год} \quad (2.10)$$

Складемо таблицю матеріального балансу: [9]

Таблиця 2.1 – Матеріальний баланс.

Прихід	кг/год	% (мас.)	Витрата	кг/год	% (мас.)
1.Метанол	2411,9	6,48	1.МТБЕ	6500	17,46
2.ББФ	34817,9	93,52	2.ББФ	30681,9	82,41
у т.ч. ізобутілен	4178,1	11,22	у т.ч.ізобутілен	4178,1	0,11
			3.Метанол непрореагув.	48,3	0,13
Разом:	41407,9	100	Разом:	41407,9	100

										Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

ДП.09.01.ПЗ

2.5 Розрахунки теплового балансу

Рівняння теплового балансу в загальному виді:

$$Q_{\text{прих.}} = Q_{\text{расх.}} \quad (2.11)$$

$$Q_{\text{прих.}} = Q(\text{ББФ}) + Q(\text{CH}_3\text{OH}) + Q_{\text{реакції}} \quad (2.12)$$

$$Q_{\text{расх.}} = Q(\text{МТБЭ}) + Q(\text{CH}_3\text{OH})_{\text{непрореаг.}} + Q(\text{ББФ})_{\text{отраб.}} + Q_{\text{втрата}} \quad (2.13)$$

де: $Q(\text{ББФ})$ – кількість теплоти отримане із ББФ, кВт/год;

$Q(\text{CH}_3\text{OH})$ – кількість теплоти отримане з метанолом, кВт/год;

$Q_{\text{реакции}}$ – кількість теплоти, що утворювалося в результаті реакції синтезу, кВт/год;

$Q(\text{МТБЭ})$ – кількість теплоти збігле із МТБЭ, кВт/год;

$Q(\text{CH}_3\text{OH})_{\text{непрореаг.}}$ – кількість теплоти збігле з непрореагувавшим метанолом, кВт/год;

$Q(\text{ББФ})_{\text{відпрац.}}$ – кількість теплоти збігле з відпрацьованої ББФ, кВт/рік;

$Q_{\text{втрата}}$ – втрати в навколишнє середовище, кВт/ч.

Кількість теплоти визначаємо по формулі:

$$Q = G * \Delta C * t \quad (2.14)$$

де: G – витрата компонента, кг/год

ΔC – середня теплоємність. кДж/кг °С

t – температура реакції, °С.

Реакція синтезу МТБЭ проходить в інтервалі температур 55 – 80°С, звідси:

$$t_{\text{н}} = 55^{\circ}\text{C}$$

$$t_{\text{к}} = 80^{\circ}\text{C}$$

Прихід тепла.

$$Q = G * \Delta C * t_{\text{н}}$$

$$Q(\text{ББФ}) = 60260,83 * 1,7598 * 55 = 5832586,4 \text{ кДж} / \text{ч} = 1620,16 \text{ кВт}$$

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

ДП.09.01.ПЗ

$$\Delta Z(\text{ББФ}) = 1,7598 \text{ кДж/кг } ^\circ\text{C} \quad [3, \text{стор.} 583]$$

$$Q(\text{СН}_3\text{ОН}) = 4174,4 * 2,661 * 55 = 610944,38 \text{ кДж/ч} = 169,7 \text{ кВт}$$

Кількість теплоти, що виділилося в результаті реакції визначаємо по формулі:

$$Q_{\text{реакції}} = q * v \quad (2.15)$$

де: $q = 46 \text{ кДж/моль}$ – теплота реакції;

v – кількість молів одержуваного продукту.

$$v = \frac{G(\text{МТБЕ})}{M} = \frac{11250}{88} = 127,84 \text{ кмоль/год} \quad (2.16)$$

$$Q_{\text{реакції}} = 46000 * 127,84 / 3600 = 1611,38 \text{ кВт}$$

$$Q_{\text{прих.}} = Q(\text{ББФ}) + Q(\text{СН}_3\text{ОН}) + Q_{\text{реакції}} = 1620,16 + 169,7 + 1611,38 = 3500,04 \text{ кВт}$$

Витрати тепла.

$$Q = G * \Delta C * t_k$$

$$Q(\text{МТБЕ}) = 11250 * 4,085 * 80 = 3676500 \text{ кДж/ч} = 1021,26 \text{ кВт}$$

$$Q(\text{СН}_3\text{ОН})_{\text{непрореаг.}} = 83,49 * 2,898 * 80 = 19354 \text{ кДж/ч} = 5,38 \text{ кВт}$$

$$Q(\text{ББФ})_{\text{відпрац}} = 53101,83 * 1,969 * 80 = 8396105,84 \text{ кДж/год} = 2332,18 \text{ кВт}$$

$$Q_{\text{расх.}} = Q(\text{МТБЕ}) + Q(\text{СН}_3\text{ОН})_{\text{непрореаг.}} + Q(\text{ББФ})_{\text{відпрац}} + Q_{\text{втрат}}$$

$$Q_{\text{расх.}} = 1021,26 + 5,38 + 2332,18 + Q_{\text{втрат}} = 3358,82 + Q_{\text{втрат}}$$

Визначимо втрати тепла в навколишнє середовище.

$$Q_{\text{прих.}} = 3358,82 + Q_{\text{втрат}} \quad (2.17)$$

звідси:

$$Q_{\text{втрат}} = Q_{\text{прих.}} - 1679,41 = 3500,04 - 3358,82 = 141,22 \text{ кВт}$$

У даному розрахунках ми визначили втрати тепла в навколишнє середовище, які склали 141,19 кВт або 4,03 % від усієї теплоти.

					ДП.09.01.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Складемо таблицю теплового балансу. [9]

Таблиця 2.2 – Тепловий баланс

Прихід	кВт	%	Витрата	кВт	%
1.Кіл–У тепла, отрим. із ББФ.	1620,16	46,29	1.Кіл. тепла, що утрач. із МТБЕ	1021,26	29,18
2.Кіл. тепла, отрим. з метанолом	169,7	4,85	2.Кіл. тепла, що утрач. з відпр. ББФ	2332,18	60,64
3.Кіл. тепла виділ. у рез–ті р–ції.	1710,18	46,86	3.Кіл. тепла, що утрач. з метанолом	5,38	0,15
			4. Втрати тепла в окол. середовище	141,22	4,03
Разом:	3500,04	100	Разом:	3500,04	100

2.6 Розрахунки основного апарату

Розраховуємо об'єм каталізатора:

$$V_{kat}' = \frac{m_{ПГС}}{\nu} \quad (2.19)$$

де: $m_{ПГС}$ – витрата сировини, т/год

$\nu = 0,8 \text{ год}^{-1}$ – об'ємна швидкість подачі сировини

$$V_{kat}' = \frac{32,21761}{0,8} = 40 \text{ м}^3$$

Відповідно до регламенту частка робочої фракції каталізатора 85%, звідси:

$$V_{kat}' = \frac{40}{0,85} = 47 \text{ м}^3$$

Переводимо об'єм каталізатора в м^3 :

$$V_{kat} = \frac{V_{kat}'}{\rho_{kat}} = \frac{47000}{600} = 78 \text{ м}^3 \quad (2.20)$$

де: $\rho_{kat} = 600 \text{ кг/м}^3$ – густина каталізатора [1]

Розраховуємо об'єм реактора по формулі:

$$V_{реактора} = \frac{V_{kat}}{0,7} \quad (2.21)$$

										ДП.09.01.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							

де: V_{kat} – об'єм каталізатора, м³;

0,7 – частка каталізатора від повного об'єму реактора.

$$V_{реактора} = \frac{78}{0,7} = 111 м^3$$

Співвідношення діаметра й висоти апарата:

$$\frac{H}{D} = \frac{1}{7} \quad \text{звідси} \quad H = 7 * D \quad (2.22)$$

$$V = \frac{\pi D^2}{4} * H = 0,785 * D^2 * H = 0,785 * 7D^3 = 5,495 * D^3 \quad (2.23)$$

Розраховуємо діаметр реактора:

$$D = \sqrt[3]{\frac{V_{реактора}}{5,495}} = \sqrt[3]{\frac{111}{5,495}} = 2,72 м \quad (2.24)$$

Ухвалюємо стандартний діаметр $D = 2800$ мм [3, стор.197]

Розраховуємо висоту реактора:

$$H = 7 * D = 7 * 2800 = 19,6 м$$

Розраховуємо висоту каталізаторного шару в реакторі:

$$H_{kat} = \frac{V_{kat}}{0,785 * D^2} = \frac{78}{0,785 * 2,8^2} = 12,6 м \quad (2.25)$$

Для зменшення гідравлічного опору весь об'єм каталізатора в реакторі поділимо на три шари:

Розраховуємо висоту одного шару каталізатора:

$$h = \frac{H_{kat}}{3} = \frac{12,6}{3} = 4,2 м \quad (2.26)$$

2.7 Вибір розрахункових параметрів реактора

Процес проходить при робочому тиску 6 кгс/див² і температурі 60–70°C.

Розрахунковий тиск визначається по формулі:

$$P_p = 0,9 * P_{роб} * (1 + X) + P_r \quad (2.27)$$

де $P_{роб}$ – робочий тиск в апараті, кгс/см²:

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

ДП.09.01.ПЗ

P_r – гідростатичний тиск, кгс/см²;

X – коефіцієнт запізнювання спрацьовування запобіжного клапана.

$$P_r = \gamma \cdot H \quad (2.28)$$

де γ – питома вага рідини;

H – висота стовпа рідини, м.

Коефіцієнт запізнювання спрацьовування запобіжного клапана:

$$\text{При } P_{\text{роб}} = 0,07 - 0,3 \text{ кгс/см}^2 \quad X = 0,2;$$

$$P_{\text{роб}} = 0,3 - 6 \text{ кгс/см}^2 \quad X = 0,15;$$

$$P_{\text{роб}} = > 6 \text{ кгс/см}^2 \quad X = 0,1.$$

0,9 – коефіцієнт, який означає, що клапан може запізнюватися на 10%, інші 90% ураховуються.

P_r ураховується, якщо становить 5 і більш % від $P_{\text{роб}}$. Якщо менш 5% то їм можна зневажити.

$$\text{При } H = 10 \text{ м } P_r = 0,01 \text{ кгс/см}^2.$$

У нашій випадку $H \approx 5,5$ м, тоді:

$$P_r = 0,0055 \text{ кгс/см}^2$$

$$\frac{P_r}{P_{\text{роб}}} \cdot 100\% = \frac{0,0055}{6} \cdot 100 = 0,09\%$$

Тому що $P_r < 5\%$, те ми їм зневажаємо.

$$P_{\text{роб}} = 0,9 \cdot 6 \cdot (1 + 0,15) = 6,21 \text{ кгс/см}^2$$

2.8 Розрахунки еліптичного днища й кришки на міцність

Визначаємо розрахункову товщину кришки й днища по формулі:

$$S_p = \frac{P_p \cdot R}{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi - 0,5 \cdot P_p} \quad (2.29)$$

де R – радіус кривизни у вершині еліптичного днища й кришки.

Для стандартних еліптичних днищ $R = D$.

									ДП.09.01.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

$$S_p = \frac{6,21 \cdot 2800}{2 \cdot 133 \cdot 0,9 - 0,5 \cdot 6,21} = 73,58_{мм}$$

Необхідна товщина стінки днища, кришки:

$$S_{гр} = S_p + C \quad (2.30)$$

де C – збільшення на корозію, мм/рік.

$$S_{гр} = 73,58 + 2 = 75,58 \text{ мм. [3]}$$

2.8 Розрахунки допоміжного устаткування

Розрахуємо підігрівник метанолу АТ-3

Поверхня теплообміну розрахуємо з основного рівняння теплопередачі:

$$F = \frac{Q(CH_3OH)}{K * \Delta t_{cp}} \quad (2.31)$$

де: Q – кількість теплоти, Вт;

K – коефіцієнт теплопередачі, Вт/(м²·°C);

Δt_{cp} – середня різниця температур, °C.

$$K = 140 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{°C}$$

Розраховуємо середню різницю температур:

Метанол підігрівається від 250C до 500C, паровим конденсатом, з температурою 1500C на вході в підігрівник і 1300C на виході з нього.

150°C 130°C


50°C 25°C


$$\Delta t_M = 1000C$$

$$\Delta t_B = 1050C$$

$$\text{т.к. } \Delta t_M / \Delta t_B = 105 / 100 = 1,05 < 2 \quad \Delta t_{cp} = (105 + 100) / 2 = 102,50C \quad (2.32)$$

Розраховуємо поверхню теплообміну:

$$F = \frac{84850}{140 * 102,5} = 5,9_{м^2}$$

Вибираємо стандартний одноходовий кожухотрубний теплообмінник з наступними характеристиками:

Діаметр кожуха, мм

273

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДП.09.01.ПЗ				

Діаметр трубки, мм	25*2
Довжина трубки, мм	1500
Кількість труб, шт	37
Поверхня теплообміну, м ²	6,0

2.9 Розрахунки діаметрів штуцерів

Штуцер уведення ББФ в адіабатичний реактор.

$$d = \sqrt{\frac{4 * Q}{\pi * \omega}} \quad (2.33)$$

де: Q – об'ємна витрата, м³/сек

ω – лінійна швидкість, м/с

Ухвалюємо $\omega = 2,0$ (для рідин, що перекачуються насосами в нагнітальних трубопроводах)

$$d_1 = \sqrt{\frac{4 * 0,0144}{3,14 * 2}} = 0,095 \text{ м} = 95 \text{ мм}$$

Ухвалюємо стандартний діаметр трубопроводу:

$d_1 = 0,1 \text{ м} = 100 \text{ мм}$ (труба 108*4 мм)

Штуцер уведення метанолу.

$$d_2 = \sqrt{\frac{4 * 0,00073}{3,14 * 2}} = 0,021 \text{ м} = 21 \text{ мм}$$

Ухвалюємо стандартний діаметр трубопроводу:

$d_2 = 0,020 \text{ м} = 20 \text{ мм}$ (труба 25*2 мм)

Штуцер висновку газової суміші.

Ухвалюємо $\omega = 4,0$ (для газів)

Для розрахунків діаметра беремо подвоєну витрату азеотропа (з урахуванням зрошення).

$$d_3 = \sqrt{\frac{4 * 0,0133 * 2}{3,14 * 4}} = 0,092 \text{ м} = 92 \text{ мм}$$

					ДП.09.01.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Ухвалюємо стандартний діаметр трубопроводу:

$$d_3 = 0,1 \text{ м} = 100 \text{ мм (труба 108*4 мм)}$$

Штуцер виходу продукту

Ухвалюємо $\omega = 2,0$ (для рідин, що перекачуються насосами в нагнітальних трубопроводах)

$$d_4 = \sqrt{\frac{4 * 0,0129}{3,14 * 2}} = 0,091 \text{ м} = 91 \text{ мм}$$

Ухвалюємо стандартний діаметр трубопроводу:

$$d_4 = 0,1 \text{ м} = 100 \text{ мм (труба 108*4 мм) [3]}$$

					ДП.09.01.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3. КОНТРОЛЬ ТА АВТОМАТИЗАЦІЯ ВИРОБНИЦТВА

У нафтохімічній промисловості комплексній механізації і автоматизації приділяється велика увага. Це пояснюється складністю і високою швидкістю протікання технологічних процесів, а також чутливістю їх до порушення режиму, шкідливістю умов роботи, вибухо- і пажаронебезпекою речовин, що переробляються, і т.д.

Автоматизація приводить до поліпшення основних показників ефективності виробництва: збільшенню кількості, поліпшенню якості і зниженню собівартості продукції, що випускається, підвищенню продуктивності праці. Впровадження автоматичних пристроїв забезпечує висока якість продукції, скорочення браку і відходів, зменшення витрат сировини і енергії, зменшення чисельності основних робітників, зниження капітальних витрат на будівництво будівель (виробництво організовується просто неба), подовження термінів міжремонтного пробігу устаткування.

Проведення деяких сучасних технологічних процесів можливе тільки за умови їх повної автоматизації (наприклад, процеси, здійснювані на атомних установках і в парових казанах високого тиску, процеси дегідрування і ін.). При ручному управлінні такими процесами щонайменше заміщення людини і невчасна дія його на процес можуть привести до серйозних наслідків.

Впровадження спеціальних автоматичних пристроїв сприяє безаварійній роботі устаткування, виключає випадки травматизму, попереджає забруднення атмосферного повітря і водоймищ промисловими відходами. Комплексна автоматизація процесів передбачає не лише автоматичне забезпечення нормального ходу цих процесів з використанням різних автоматичних пристроїв, але і автоматичне управління пуском і зупинкою апаратів для ремонтних робіт і в критичних ситуаціях [12].

							ДП.09.01.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				

Вихідна бутан–бутиленова фракція після блоку демеркаптанізації секції надходить у буферну ємність блоку МТБЕ. З буферної ємності ББФ насосом подається у вузол змішання з метанолом.

Сировинна суміш (метанол + ББФ) після вузла змішання подається в трубний простір теплообмінника АТ–3 і теплообмінника АТ–1, де нагрівається за рахунок тепла товарного МТБЭ виведеного з куба не вище Т6 і Т1 70⁰С. Потім суміш надходить у теплообмінник АТ–2, де додатково підігрівається паровим конденсатом, що подається в трубний простір не вище Т5 75⁰С. Далі нагріта до необхідної температури суміш направляється в адіабатичний реактор під нижній шар каталізатора.

Каталізатор КУ–2ФПП (Марка А, А₁, А₂) – макросітчаста іонообмінна смола, композиційна суміш поліпропілену й сульфированого співполімеру стиролу й дівінілбензола, що володіє сильними кислотними властивостями. У реакторі РТ по три шари каталізатора.

Синтез МТБЭ в реакторі РТ–2 здійснюється в умовах двофазних потоків пара–рідина в присутності іонітного каталізатора при одночаснім поділі продуктів реакції.

Контроль тиску на вході в реактор РТ 0,6–0,8 Мпа, температура в верхньому Т2, середньому Т3 і нижньому Т4 слої каталізатору становить 50–75⁰С, перепад тиску в нижньому слої каталізатору 0,004Мпа, расход свіжої ББФ F1 і F2 становить 13–80 м³/ч, а расход метанолу на змішування – 0,3 – 5 м³/ч. Уровень L1 составляет 30–70%. [1].

					ДП.09.01.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

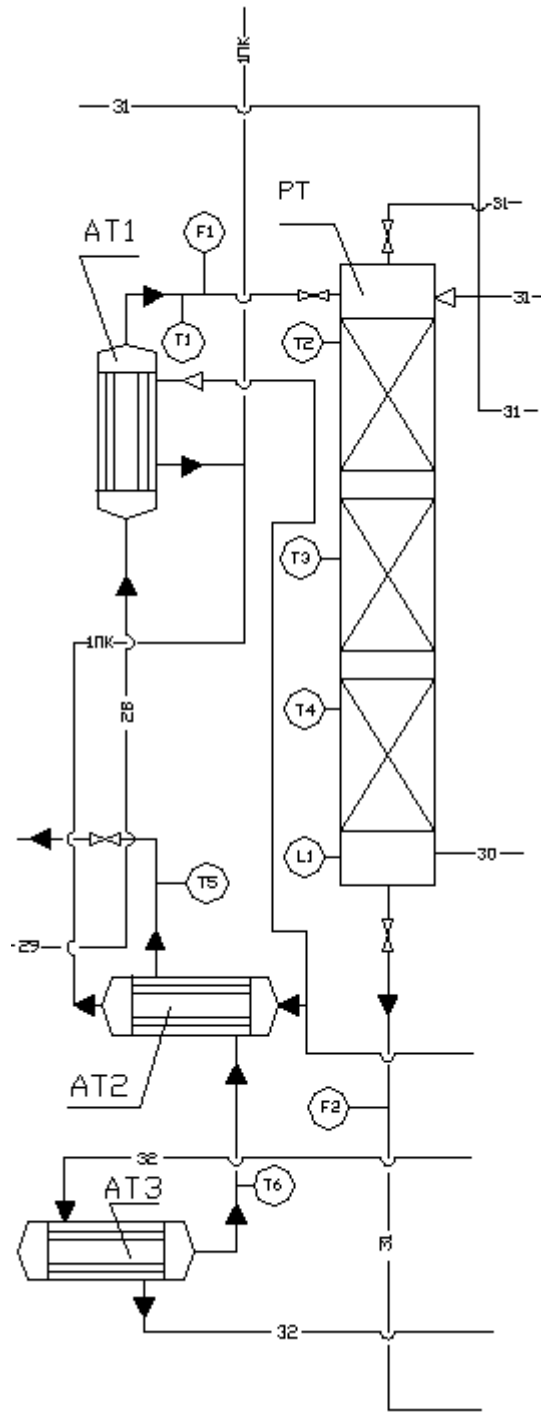


Рис.1 – Схема автоматизації реакційного вузла [1].

					ДП.09.01.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.1 – Температура Т

Температура						Т				
Позначення за схемою						T6	T5	T		
Контур автоматизації	Функції контура							2		
		Періодичний вимір					O			
		Свідчення					I	+	+	+
		Реєстрація					R	+	+	+
		Регулювання					C			
	Уставка	акс.	M				11	0		
										я
	Уставка	акс.	M							
									я	Спрацьовуванн блокировки, °C
		ін.								
									ін.	
	Місце представлення інформації						ЦП	ЦПУ		
Найменування вимірюваного середовища; напряв її руху (звідки, куди) або найменування і позначення апарату Найменування вимірюваного середовища; напряв її руху (звідки, куди)						у	у	у		
						Te	Тем- ра сировини на виході з т/о	Т		
Параметр вимірювання середовища						Макс.		7		
						Раб.	70	75	5	
Тиск надп., МПа/кгс/см ²						Мін.		5		
						Раб.			0	
Макс.										
						Місце виміру параметра			Усл. прохід трубопроводу, мм	
			Матеріал поверхні, дотичної з середовищем							
			Поверхня ущільнювача фланц. з'єднань на апараті							
Обігрів трубопроводу, апарату										
Ізоляція трубопроводу, апарату										
Кількість вимірів	На апарат, трубопровід									
	На 1 агрегат									
	Всього									

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДП.09.01.ПЗ

Арк.

		Температура		Т			
Позначення за схемою			Т3	Т4	Т		
					1		
Контур автоматизації	Функції контура	Періодичний вимір		О			
		Свідчення		I	+	+	+
		Реєстрація		R	+	+	+
		Регулювання		C			
	ня	Уставка спрацьовуван	акс.				
			ін.				
		°C	Уставка спрацьовуван блокировки,	акс.	H		
	ня	°C	ін	L			
Місце представлення інформації			ЦП у	ЦПУ	Ц ПУ		
Найменування вимірюваного середовища; напрямок її руху (звідки, куди) або найменування і позначення апарату Найменування вимірюваного середовища; напрямок її руху (звідки, куди)			Те м-ра в середньо му слої каталіза тору	Тем- ра в верхньому слої каталізатору	Т ем-ра свіжої ББФ і метано лу		
ри аного середов ища	Параметр вимірюваного середовища	Температура, °C	Макс.	75	75		
			Раб.			7	
	Тиск надп., МПа/ кгс/см ²	Мін.	50	50	0		
		Раб.					
ра	Місце виміру параметра	Усл. прохід трубопроводу, мм					
		Матеріал поверхні, дотичної з середовищем					
		Поверхня ущільнювача фланц. з'єднань на апараті					
Обігрів трубопроводу, апарату							

Таблиця 3.2 Витрата F

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДП.09.01.ПЗ				

		Витрата (кількість)		F	
		Позначення за схемою		F1	F2
Контур автоматизації	Функції контура	Періодичний вимір		O	
		Свідчення		I	+
		Реєстрація		R	+
		Регулювання		C	
	Уставка спрацьовування сигналізації		М	H	370
	акс.				0
	ін.		М	L	3657
	Уставка спрацьовування блокування		М	HH	
	акс.				
ін.		М	LL		
Місце представлення інформації				ЦПУ	ЦПУ
Найменування вимірюваного середовища; напрям її руху (звідки, куди) або найменування і позначення апарату (в кінці фрази вказати в дужках: для пари : насичений або перегрітий; для газу: сухий, вологий, запилений)					
ри ного ного ща	Параметр вимірювання середовища	Витрата в годину:			
		1. Рідина, м ³		М	80
		акс.			80
	2. Водяна пара, кг		Р		
	аб.				
	3. Газ (при 760 мм и t=20 °C) м ³		М	13	13
	ін.				
Тиск надл. макс.		Р			
МПа/ кгс/см ² перед датчиком витрати		М			
акс.					
Температура макс., °C		Р			
аб.					
акс.		М			
В'язкість кін.при Р макс.і t макс.x10 ⁶ , м ² /сек					
Місце виміру параметра		Ум. прохід трубопроводу, мм			
		Матеріал трубопроводу			

4. ОХОРОНА ПРАЦІ

					ДП.09.01.ПЗ		Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

.1 Основні фізико-хімічні властивості, токсичність, пожежо- і вибухонебезпечність речовин, які застосовані й отримані на виробництві, яке проектується

Усі характеристики хімічних сполук, які переробляються й виробляються на проєктованому об'єкті наведені нижче (табл. 4.1 – 4.3).

Таблиця 4.1 – Основні фізико-хімічні властивості речовин.

№ п/п	Назва сполуки		Емпірична формула	Структурна формула	Агрегатний стан при н.у.	Температура плавлення, °С	Температура кипіння, °С
	Раціональна номенклатура	Систематична номенклатура					
1	Метилви й спирт	Метанол	CH_4O	$\text{CH}_3\text{—OH}$	рідина	- 97,88	64,5
2	Ізобутілен	Метилпроп ен	C_4H_8	$\begin{array}{c} \text{CH}_3\text{—} \\ \text{C}=\text{CH}_2 \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$	газ	- 140,35	-16,9
3	Мітил- трет- бутиловий ефір	Мітил- трет- бутиловий ефір	C_5H_{12} O	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3\text{—O—C—} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$ CH_3	рідина	- 108,6	55

Таблиця 4.2 – Характеристика токсичності.

№ п/п	Сполука	Клас небезпеки	Характер дії на організм людини	Гранична припустима концентрація в повітрі робочої зони, мг/м ³	Засобу індивідуального захисту
1	2	3	4	5	6
1	Метанол	3	Надзвичайно токсичний. Дратує дихальні шляхи й слизові оболонки очей. У більших концентраціях судороги й нервові розлади. При прийманні усередину більш 30 мл втрата свідомості судороги й смерть	5	Протигаз фільтруючий марки А або БКФ
2	Ізобутилен	4	Наркотична дія. Виявляє шкідливий вплив на нервову систему	100	Протигаз фільтруючий марки БКФ
3	МТБЕ	4	Наркотична дія. Впливає на нервову систему.	100	Протигаз фільтруючий марки БКФ

																		ДП.09.01.ПЗ		Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата																

Таблиця 4.3 – Показники вибухово- і пожежонебезпеки.

№ п/п	Сполука	Температура спалаху, °С	Температура самозаймання, °С	Концентраційні границі поширення полум'я		Температурні границі спалаху, °С	
				% про.		нижній	верхній
				нижній	верхній		
1	Метанол	8	464	6,7	36,5	13	---
2	Ізобутілен	-5	430	1,5	8,5	---	---
3	МТБЕ	-27	443	1,4	8,9	---	---

4.2 Небезпечні й шкідливі виробничі фактори на проектованому об'єкті

Основними небезпечними й шкідливими факторами на проектованому об'єкті є:

1. Наявність у технологічному процесі більших об'ємів різних хімічних речовин, які, надходячи в навколишнє повітря, можуть впливати на самопочуття й стан здоров'я працюючих. У випадку високої концентрації в повітрі робочої зони токсичних речовин може настати отруєння технологічного персоналу, що перебуває на об'єкті. Вступ пар і газів у повітря робочої зони може відбуватися через вентилі вільних дренажів, воздушників і аналізних місць, через нещільності технологічного встаткування, а також при розгерметизації трубопроводів і встаткування при проведенні планових ремонтів або у випадку аварії.
2. Наявність у технологічному процесі більших об'ємів легкозаймистих, вибухово-пожежонебезпечних речовин. У випадку аварійної ситуації, пов'язаної з розгерметизацією трубопроводів і встаткування, можливе

									ДП.09.01.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

виникнення пожежі або вибух, які приведуть до травмування персоналу й руйнуванню іншого технологічного встаткування.

3. Наявність зріджених газів, при влученні яких на незахищені ділянки тіла можуть викликати обмороження працюючих.
4. Наявність їдких і токсичних речовин, які при влученні на шкіру можуть викликати хімічний опік на незахищених ділянках тіла, поразка очей. Це може відбутися при відборі аналізу, при дренуванні насосів і апаратів, у випадку розгерметизації трубопроводів і апаратів при аварії.
5. Наявність виробничого пилу в повітрі робочої зони. Основним джерелом пилу є твердий каталізатор, ізоляційні матеріали, використовувані для теплоізоляції трубопроводів і апаратів.
6. Наявність гарячих частин устаткування й трубопроводів, водяної пари, парового конденсату, промтеплофікаційної і сантеплофікаційної води з температурою, близької до 100 °С, при зіткненні з якими можливе одержання термічних опіків.
7. Наявність, що рухаються й обертових частин устаткування: насосів, АВО, вантажопідійомних і інших механізмів, де у випадку несправності або відсутності огороження можливе травмування працюючих.
8. Вплив шуму й вібрації від працюючого технологічного встаткування, засобів зв'язку, проведених на об'єкті робіт. Тривалий вплив шуму може привести до зниження слуху, розвитку приглухуватості й, в остаточному підсумку, – до втрати слуху. Постійний вплив шуму, крім того, впливає на центральну нервову систему, погіршує зір, послабляє увагу й пам'ять людини, що підвищує можливість травмування. Вібрація виявляє сильний негативний вплив на центральну нервову й серцево-судинну системи, опорно-руховий апарат, інші органи й системи організму, і може привести до найтяжчого захворювання – вібраційної хвороби.
9. Наявність великої кількості електроустаткування й силових кабелів. У випадку несправності електроустаткування, наприклад, при виході з ладу заземлюючих обладнань або пробої електроізоляції, а також при

					ДП.09.01.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

порушенні правил його експлуатації, може відбутися поразка електричним струмом і електротравми. Найнебезпечнішим видом електротравм є електричний удар, при яким травмується центральна нервова система й відбувається параліч дихальних м'язів і серця. Електротравми можуть проявлятися у вигляді місцевих поразок тканин і органів, контактних і дугових опіків, електричних знаків і металізації шкіри, електроофтальмії.

10. Можливість виникнення статичної електрики. У виробничих умовах виникнення й нагромадження зарядів статичної електрики відбувається при зливі, наливі й перекачуванню рідких органічних речовин по трубопроводах і гумовим шлангам, при перемішуванні рідин, у процесі пропарювання резервуарів і апаратів, при транспортуванні стислих і зріджених газів по трубопроводах, а також при їхньому витіканні через нещільності, лопини, отвори в устаткуванні, при транспортуванні твердих каталізаторів і інших сипучих продуктів по жолобах і трубопроводам, при очищенні забруднень за допомогою розчинників, при русі автотранспорту, русі людей по сухих ізолюючих покриттях і в інших випадках. Негативний вплив статичної електрики проявляється у вигляді електричних розрядів, електростатичного притягання або відштовхування легких предметів, в електричних полях і руйнуванні матеріалів.
11. Вплив електромагнітних випромінювань, джерелом яких є працюючі електродвигуни насосів, компресорів, АВО, вантажопідйомних і інших механізмів, а також їх силові кабелі. Електромагнітне випромінювання впливає в основному на нервову систему людини.
12. Розташування великої кількості встаткування на висоті, де у випадку порушення або відсутності огороження можливе падіння й травмування працюючих. Велика кількість маршових сходів є потенційно небезпечним особливо в зимовий час в умовах зледеніння, коли можливе падіння й травмування персоналу на слизьких поверхнях.
13. Наявність великої кількості колодязів промканалізації, пожежної води й інших, у які можливе падіння працюючих у випадку нещільно закритих

					ДП.09.01.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

кришок або при їхній відсутності. Істотною небезпекою є можливість скупчення в таких колодязях і в інших зниженнях важких пар і газів, таких як вуглекислий газ, сірководень, вуглеводні й інших. Такі місця є небезпечними не тільки внаслідок наявності в них шкідливих і токсичних речовин, але й внаслідок зниження змісту кисню в повітрі, наприклад, при заповненні азотом. У випадку, якщо в таких місцях працюючі перебувають без засобів захисту органів подиху (шлангових або ізолюючих протигазів), можливе настання ядухи, отруєння й смерть.

14. Рух транспортних коштів по території підприємства. При порушенні правил дорожнього руху водіями або правил переміщення по території підприємства пішоходами можливе травмування.

4.3 Класифікація й категорії проєктованого виробництва і його приміщень

- Категорія вибуховопожежної безпеки приміщень і будинків (ОНТП 24-86) – А

- Класифікація зон усередині й поза приміщеннями для вибору й установки електроустаткування (ПУЕ):

Клас вибухонебезпечної й пожежонебезпечної зони – В-1г (2)

Група виробничих процесів по санітарній характеристиці (СНП 2.09.04-87) – Ша

- Клас приміщення по ступеню поразки електричним струмом – «з підвищеною безпекою».

- Клас по санітарній характеристиці – 2.

- Ширина санітарної зони – 500 м.

4.4 Заходи запобігання впливу шкідливих і небезпечних виробничих факторів

					ДП.09.01.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вентиляція та опалення

Проектований об'єкт є зовнішньою технологічною установкою, вентиляція повітря – природня. Насосна, розташована на отм. 0.00, обгороджена вітрозахистом, що запобігає вплив на встаткування й персонал несприятливих метеорологічних факторів: вітру, опадів. Підлога в насосній постачений обігрівом за рахунок подачі по змійовиках сантеплофікаційної води (СТВ), що дозволяє уникнути утвору полоїв і скупчення снігу в зимовий час.

Пульт керування проектованого об'єкта пропонується розташувати в приміщенні ЦПК комбінованої установки Г-43-107М/1 з метою оптимізації процесу керування. Будинок триповерховий, має розміри: ширина – 12 м, довжина – 18 м, висота – 16 м.

Приміщення ЦПК розташоване на першому поверсі будинку й має розміри: ширина – 12 м, довжина – 10 м, висота – 6 м. Тому що приміщення ЦПК без шкідливих виділень, його пропонується оснастити приточною вентиляцією (кратність 6-10). Постійна кількість працюючих у приміщенні ЦПК – близько 12 людей, на кожний з них доводиться об'єм повітря близько 60 м^3 (тобто більше 20 м^3), тому подача зовнішнього повітря повинна становити не менш $20 \text{ м}^3/\text{ч}$.

У вентиляційному приміщенні пропонується встановити кондиціонери типу КТА2-5А продуктивністю по подачі повітря $8000 \text{ м}^3/\text{годину}$, кількість кондиціонерів – 4 шт., режим роботи – періодичний, у зимовий час кондиціонування відключається, і вони працюють у режимі приточної вентиляції.

Приточну вентиляцію пропонується обладнати системою калориферів з обігрівом протеплофікаційною водою (ПТВ) для підігріву подаваного в приміщення ЦПК повітря в зимовий час.

Повітря у вентиляційне приміщення подається вентилятором загального призначення типу Ц14-46 продуктивністю $12000 \text{ м}^3/\text{година}$ (960 оборотів у хвилину, електродвигун В132S6 потужністю 5,5 кВт).

									Арк.
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>					

ДП.09.01.ПЗ

Крім того, пропонується безпосередньо в приміщенні ЦПК встановити два кондиціонери виробництва фірми LG, які працюють у літню пору.

Температура в приміщенні ЦПК контролюється двома термopарами з висновком показань на монітор начальника зміни.

При виникненні аварійної ситуації на проектуваному об'єкті з викидом газів і пар в атмосферу, з метою запобігання влучення їх у приміщення ЦПК проектом передбачається аварійне відключення приточної вентиляції в ЦПК.

Розрахунки вентиляції й опалення ЦПК

Здійснимо розрахунок вентиляції й опалення в приміщенні проектуваного об'єкта – ЦПК.

У ЦПК передбачена приточно-витяжна вентиляція. Кількість повітря, яка необхідно подати в приміщення ЦПК, визначається по формулі [11]:

$$W = K \cdot V, \text{ м}^3/\text{год} \quad (4.1)$$

де K – кратність повітрообміну, 1/год; $K = 5$ [11]

V – об'єм робочого приміщення, м^3 . $V = 120 \text{ м}^3$ [11]

$$W = 5 \cdot 120 = 600 \text{ м}^3/\text{год}$$

Відповідно до отриманого значення пропонується на проектуваному об'єкті встановити відцентрований вентилятор – В-Ц4-70 (1-е виконання) з наступними характеристиками: продуктивність – $700 \text{ м}^3/\text{год}$; номер вентилятора – 2,50; напір – 18 мм.рт.ст.; частота обертання – 1500 про/хв; тип – 4AA56 A4; потужність – 0,12 кВт.

У ЦПК передбачена система повітряного опалення, з'єднаного із приточною вентиляцією.

Витрати тепла на вентиляцію в зимовий період часу можна визначити по формулі [11]:

$$Q_B = W \cdot C_B \cdot (t_{\text{п}} - t_3) \cdot 1000 / 3600, \text{ Вт} \quad (4.2)$$

де W – об'єм повітря, яке подається, $\text{м}^3/\text{год}$; $W = 700 \text{ м}^3/\text{ч}$.

C_B – об'ємна теплоємність повітря; $C_B = 1,257 \text{ кДж}/\text{м}^3 \cdot \text{град}$ [11].

$t_{\text{п}}$ – температура повітря, яке подається в приміщення; $t_{\text{п}} = 220\text{С}$.

									ДП.09.01.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

t_3 – температура зовнішнього повітря. $t_3 = -70\text{C}$ [11].

$$Q_B = 700 \cdot 1,257 \cdot (22 - (-7)) \cdot 1000 / 3600 = 7088,1 \text{ Вт}$$

Площа поверхні опалювальних приладів визначається по формулі [11]:

$$H = Q / 506, \text{ екм} \quad (4.3)$$

$$H = 7088,1 / 506 = 14 \text{ екм} \cdot 0,82 = 11,48 \text{ м}^2$$

Калорифер KB06 Б-ПУЗ середньої моделі, площа поверхні нагрівання – $12,92 \text{ м}^2$, маса – 55 кг.

Розрахункові витрати теплоти на опалення ЦПК, може бути визначене по формулі [11]:

$$Q_0 = q \cdot F \cdot (1 + K), \text{ Вт} \quad (4.4)$$

де q – збільшений показник максимальної витрати теплоти на опалення 1 м^2 площі приміщення; $q = 152 \text{ Вт/м}^2$ [11].

F – площа приміщення, м^2 ; $F = 120 \text{ м}^2$.

K – коефіцієнт, який ураховує витрати теплоти на опалення. $K = 0,34$ [11].

$$Q_0 = 152 \cdot 120 \cdot (1 + 0,34) = 24441,6 \text{ Вт}$$

$$H = 24441,6 / 500 = 48 \text{ екм}$$

$$n = 48 / 0,35 = 137 \text{ секцій}$$

Звідси кількість радіаторів 9 шт. по 14 секцій і 1 шт. 11 секцій.

По таблиці 3 [11, стор. 14] підбираю Н-140АТ.

- площа поверхні нагрівання секції: $0,299 \text{ м}^2$ або $0,35 \text{ екм}$;

- об'єм: $4,1 \text{ м}^3$.

					ДП.09.01.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5. КОМПОНОВКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ

Механіко–монтажна частина є однією з основних і важких робіт із проектування, тому що при її виконанні необхідно погодити не тільки технологічні вимоги (зручність обслуговування встаткування й можливість демонтажу апаратів і їхніх деталей при ремонтах; забезпечення максимально коротких трубопроводів між апаратами при необхідності самопливу; раціональне рішення внутрішньозаводського транспорту), але й дотримувати будівельних норм, вимоги природної освітленості, правила й норми техніки безпеки й охорони праці, санітарні й протипожежні норми.

Устаткування хімічних виробництв залежно від застосовуваних машин і апаратів, особливостей технологічного процесу й кліматичних умов може бути розташоване в закритих виробничих приміщеннях і на відкритих площадках. Розташування устаткування на відкритих площадках. Компонування устаткування на відкритих площадках скорочують капітальні витрати на будівництво, зменшує загазованість і вплив тепловиділень, знижує вибухо– і пожежонебезпеку. Установка апаратури на відкритих площадках створює також передумови для укрупнення агрегатів, дозволяє в багатьох випадках відмовитися від членування на частині (царги) апаратури (переважно колоною) і, крім того, поліпшує умови монтажу встаткування.

Якщо виробництва вибухо– і пожежонебезпечні, а сировина для них і продукти мають токсичні властивості, то для експлуатації потрібно складна безвідмовна примусова система вентиляції з багаторазовим протягом години обміном повітря. Такі виробництва, як правило, висувають особливі вимоги й до рішення будівельної частини будинків. Розміщення їхнього встаткування поза будинком, на відкритій площадці, має важливе значення.

При розміщенні устаткування на відкритих площадках необхідно керуватися вказівками по установці технологічного устаткування на відкритих

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДП.09.01.ПЗ

Арк.

площадках у хімічній промисловості, дотримувати діючих правил і норми техніки безпеки, забезпечуючи нормальні умови обслуговуючому персоналу й безаварійній роботі устаткування.

Розміщення технологічного устаткування на відкритих площадках варто проектувати у всіх випадках, коли дозволяють кліматичні умови й умови експлуатації технологічного устаткування, застосовуючи при необхідності місцеві вкриття. Місцеві вкриття можуть бути у вигляді наметів, будок, навісів різних розмірів і призначень, починаючи від невеликих укриттів окремих апаратів до пристрою цехів без стін, з одним тільки дахом, і в окремих випадках етажерок. Застосування місцевих укриттів доцільно в тому випадку, коли апаратура не вимагає установки в утепленому приміщенні, але повинна бути захищена, так само як і експлуатаційний персонал, від вітру, пилу й дощу.

На відкритих площадках хімічна апаратура може встановлюватися або на етажерках — залізобетонних і металевих, або самостійно — на індивідуальних і групових фундаментах. Апарати малого діаметра й великої висоти варто встановлювати на етажерках.

Залежно від схеми виробництва, конструктивних особливостей устаткування, системи керування й ступеня автоматизації, району будівництва й ряду інших специфічних умов компонування встаткування установок різних хімічних виробництв, розташовуваних на відкритих площадках, може бути надзвичайно різноманітною.

При установці встаткування поза будинком рекомендується:

- все важке й громіздке встаткування по можливості розташовувати на оцінці землі з таким розрахунком, щоб не робити більш важкими конструкції етажерок, на яких встановлюється устаткування;
- опорні пристрої застосовувати типові зі збірного залізобетону;
- максимально використовувати несучу здатність стінок великогабаритних емнісних апаратів – пристрій сходів і площадок для обслуговування кришок, люків, штуцерів для завантаження й вивантаження насадки, арматури, приладів і т.п., закріплених на самих апаратах. У свою чергу, ці площадки можуть

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДП.09.01.ПЗ

Арк.

бути використані для розміщення на них допоміжного устаткування – теплообмінного, ємнісного й ін. Апаратуру колонного й баштового типів варто використовувати як несучі конструкції для кріплення обслуговуючих площадок, сходів, а також якщо буде потреба невеликих вантажопідійомних пристосувань (кран–укосин, тельферів, блоків).

Розташування апаратів безпосередньо на інших спорудженнях або над технологічним устаткуванням значно скорочує площа забудови. Таке розташування особливо доцільно для установок, що працюють при низьких тисках і тим більше під вакуумом, тому що скорочується протяг трубопроводів, різко знижуються гідравлічні втрати й підвищується герметичність установки.

На монтажному кресленні комплексів основне технологічне встаткування розташоване поза будинком, при цьому важке устаткування встановлено на оцінці землі. Площадки укріплені безпосередньо на апаратах і використовуються для установки допоміжного устаткування. Сходи для обслуговуючих площадок також кріпляться до апаратів.

При наявності великої кількості апаратів, що вимагають за умовами технологічного процесу розміщення на різних висотних оцінках, доцільне спорудження спеціальної багатоповерхової етажерки. У цьому випадку громіздкі й високогабаритні апарати з метою скорочення розмірів етажерки варто розміщати по її периметрі із зовнішньої сторони. Винос технологічного устаткування на відкриті площадки з обліком технологічного процесу й кліматичних умов повинен бути керівним принципом при проектуванні установок всіх виробництв хімічної промисловості.

Досвід застосування відкритих установок на вітчизняних хімічних і нафтопереробних підприємствах, а також закордонна практика підтвердили, що зимова пора року при відповідному обліку умов експлуатації й прийнятті необхідних захисних мір не є перешкодою для розміщення основної частини технологічного устаткування на відкритих площадках.

					ДП.09.01.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Якщо устаткування не можна встановити на відкритій площадці, то його варто розташовувати в будинках із залізобетону прямокутної форми в плані з використанням уніфікованих типових прольотів і по можливості однакової висоти. Розміри прольотів, розташування розподільних осей (кроків колон) і висоти будинків приймаються за ДСТ 23838–79 і 24336–80; розміри прольотів і кроків колон одноповерхових будинків – кратними 6 м; розміри прольотів багатоповерхових будинків – кратними 3 м, а кроки колон – кратними 6 м.

При установці важкого технологічного устаткування й при можливості виникнення в процесі його роботи динамічних навантажень рекомендується використовувати одноповерхові будинки. При розміщенні устаткування з вертикальним технологічним процесом (млинів, елеваторів, дробильних установок і т.п.) використовують багатоповерхові будинки. Відповідно до Будівельних норм і правил, висота одноповерхових будинків (від підлоги до низу горизонтальних несучих конструкцій на опорі) повинна бути не менш 3 м, висота поверху багатоповерхових будинків (від підлоги сходової площадки даного поверху до підлоги сходової площадки вищого поверху) – не менш 3,3 м [19].

					ДП.09.01.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6. ЕКОЛОГІЯ ТА ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Таблиця 6.1 – Тверді й рідкі відходи

Найменування відходу	Місце складування, транспорт, тара	Періодичність	Кількість т/рік	Умова (метод) і місце поховання знешкодження, утилізації.	Примітки
1	2	3	4	5	6
Відпрацьований каталізатор КУ–2ФПП або КИФ–и	Майданчик тимчасового зберігання цеху, спецтара Залізничний і автомобільний транспорт	1 раз на рік	36,0	1 Підлягає похованню на полігоні твердих відходів 2 Можливе використання при одержанні портландцементної суміші 3 Можливе використання як компонент для формування ґрунту ґрунтових шарів при рекультивації смітників промислових і побутових відходів 4 При відсутності забруднення органічними продуктами направляється на регенерацію на завод–виготовлювач.	

						ДП.09.01.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

Таблиця 6.2 – Стічні води

Найменування стоку	Кількість утвору стічних вод, м ³ /рік)	Умови (метод) ліквідації, знешкодження, утилізації	Періодичність викиді	Установлена норма змісту забруднення у стоках	Примітки
1	2	3	4	5	6
Стічні води з Е–368, К–353	2,0	Очищення на очисних спорудженнях	Постійно	<p>Метанол (CH₃OH) – не більш 100 мг/л;</p> <p>МТБЕ (C₅H₁₂O) – не більш 47 мг/л;</p> <p>Форміат натрію (CH₃COONa) – не більш 130 мг/л;</p> <p>Сульфат натрію (Na₂SO₄) – не більш 3000 мг/л;</p> <p>РН = 7 – 8,5</p>	

7. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ РОЗРАХУНКИ

Вихідні дані

Вихідні дані наведені на період червень 2010 року

- 1) відпускна ціна на МТБЕ 6100,00 грн/т;
- 2) чисельність персоналу цеху становить 165 люд., у т.ч. основні робітники 144 люд.;
- 3) вартість основних виробничих фондів цеху становить 44322,155 тис. грн;
- 4) годинна продуктивність устаткування становить 367,6 т/годину;
- 5) сумарна тривалість ремонтних простоїв протягом року – 576 годин;
- 6) калькуляція собівартості продукції наведена в таблиці 8.1.

Початкова вартість основних фондів першої групи становить 1105,679 тис. грн., відповідно вартість другої групи становить 78,219 тис. грн, третьої групи – 43070,582 тис. грн., четвертої групи – 67,675 тис. грн.

Вартість виведеного обладнання (друга група) складає 40,816 тис. грн. і по третій групі – 38,366 тис. грн.

Вартість обладнання, що вводиться, (друга група) – 12,016 тис. грн. і обладнання, що вводиться по третій групі – 28,866 тис. грн. [1].

					ДП.09.01.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 7.1 – Калькуляція собівартості діючої установки Г–43–107м/1 ЗАТ «ЛІНІК» по МТБЕ

Найменування статті витрат	Од. вимір.	Витрати на одиницю продукції		
		Кількість	Ціна	Сума
<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>5</u>
<u>1 Сировина і матеріали</u>				
Метанол	т	1,445	2869,00	4145,71
Ізобутилен	т	0,536	3650,00	1954,29
Разом сировина і матеріали	грн			6100,00
<u>2 Енерговитрати</u>				
Азот технічний	тис. м ³	0,208	0,65	0,14
Вода оборотна	тис. м ³	21,212	0,66	14,00
Газ заводський, як паливо	т	0,027	2398,73	64,77
Мазут, як паливо	т	0,026	2598,62	67,56
Стиснене повітря		2,550	0,08	0,20
Пара технологічна	Гкал	0,091	240,79	21,91
Електроенергія	т кВт/ч	61,986	0,38	23,55
Разом енерговитрат	грн			192,13
<u>3 Попутна продукція</u>	т	0,984	2087,44	2054,04
<u>4 Зарплата основна з відрахуваннями</u>	грн			3,56
<u>5 Утримання і ремонт устаткування, в т.ч. амортизація устаткування</u>	грн грн			22,42 18,51
<u>6 Загальновиробничі витрати</u>	грн			44,50
Повна собівартість	грн			4045,6

7.2 Обґрунтування проєктованих організаційно–технічних заходів

Кількість водяної пари на 1 т готової продукції на підставі матеріального балансу складає 0,045 Гкал. При вартості водяної пари 240,97 грн/ Гкал витрати складають:
 $0,045 * 240,97 = 10,84$ грн.

										Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

ДП.09.01.ПЗ

Впровадження даного технічного рішення дозволить значно спростити технологічну схему виробництва, що дозволить зменшити кількість апаратів, і вартість обладнання проектного виробництва зменшиться. Таким чином, впровадження проектного заходу приведе до зменшення витрат по статті «Ремонт, утримання та експлуатація обладнання» (РУЕО).

7.3 Розрахунок річної виробничої потужності

У даному розділі розраховується річна виробнича потужність установки з урахуванням можливого збільшення ефективного фонду часу за умови вибору варіанта збереження чисельності ремонтного персоналу на рівні діючого виробництва.

Для безперервних хіміко–технологічних процесів розрахунок річної виробничої потужності визначається по формулі:

$$M_p = N * q_r * T_{\text{еф}}, \quad (7.1)$$

де M_p – величина річної виробничої потужності;

N – кількість паралельно працюючих однойменних одиниць устаткування;

q_r – годинна продуктивність устаткування;

$T_{\text{еф}}$ – ефективний фонд робочого часу встаткування, год.

$$T_{\text{еф}} = T_k - T_{\text{рем}} - T_{\text{техн}}, \quad (7.2)$$

де T_k – фонд календарного часу рівний 8760 год.;

$T_{\text{рем}}$ – сумарна тривалість ремонтних простоїв протягом року, год.;

$T_{\text{техн}}$ – регламентована тривалість технологічних простоїв за рік, год.

Річна виробнича потужність установки в діючому виробництві:

$$M_{p0} = 1 * 367,6 * (8760 - 576) = 3008438,4 \approx 3 \text{ млн. т/рік.}$$

Річний об'єм проектного виробництва (Q) приймається на рівні розрахункової річної виробничої потужності (M_p):

$$Q = M_p \quad (7.3)$$

						ДП.09.01.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

Таким чином індекс зміни об'єму випуску МТБЕ за рахунок впровадження проєктованих заходів буде дорівнювати 1:

$$I_Q = \frac{Q_1}{Q_0} = \frac{3000000}{3000000} = 1$$

Таблиця 7.2 – Зміна повної собівартості продукції

Найменування Витрат	Витрати на одиницю продукції по базовому виробництву		Зниження собівартості в проєктованому виробництві		Витрати на од. продукції у проєктовано му виробництві грн/т
	грн/т	питома вага в собівартості	грн/т	%	
<u>1 Сировина і матеріали</u>					
Метанол	4145,71	–	–	–	4145,71
Ізобутилен	1537,78	–	–	–	1537,78
Водяна пара	–	–	+10,86	+0,28	10,86
Разом сировина і матеріали	5683,49	1,46028	–	–	5694,35
<u>2</u>					
<u>Енерговитрати</u>	0,14	–	–	–	0,14
Азот технічний	14,00	–	–	–	14,00
Вода оборотна					
Газ заводський, як паливо	64,77	–	–	–	64,77
Стиснене повітря	0,20	–	–	–	67,56
Пара технологічна	21,91	–	–	–	21,91
Електроенергія	23,55	–	–	–	23,55
Разом енерговитрат	192,13	0,04936			192,13
<u>3 Попутна продукція</u>	2054,04	–0,52775	–	–	2054,04
<u>4 Зарплата основна з відрахуваннями</u>	3,56	0,00092	–	–	3,56
<u>5 Утримання і ремонт устаткування, в т.ч. амортизація</u>	22,42	0,00576	–18,62	–0,4773	3,85

										Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

ДП.09.01.ПЗ

устаткування	18,51				3,18
<u>6 Загально-виробничі витрати</u>	44,50	0,01143			44,50
Повна собівартість	3892,06	1,0000	-7,71	-0,1981	3884,35

Таблиця 7.3 – Техніко-економічні показники

Показники	Одиниця виміру	Діюче виробництво	Проектоване виробництво	Зміна показників, %
1	2	3	4	5
1 Річний обсяг виробництва продукції у вартісному вираженні	тис. грн	13194000	13194000	–
у натуральному вираженні	т	100000	100000	–
2 Чисельність працюючих	люд.	165	165	–
3 Вартість основних виробничих фондів	тис. грн	44322,155	44283,855	-0,09
4 Продуктивність праці робітників	т/люд.	18181,8	18181,8	–
5 Фондовіддача	грн/грн	297,68	297,94	0,09
6 Собівартість одиниці продукції	грн/т	3892,06	3884,35	-0,2
7 Прибуток на одиницю зробленої продукції	грн/т	505,94	513,65	1,52
8 Рентабельність витрат на виробництва	%	13,00	13,22	0,22
9 Річний економічний ефект від:				
зниження собівартості	тис. грн	–	23130	–

По даним розрахункам ми побачили, що повна собівартість ЕТБЕ є вищою ніж на МТБЕ. Такий показник супроводжується наступними факторами: октанове число ЕТБЕ вище ніж у мтбе і складає 109–113п.п.; ЕТБЕ є менш токсичною речовиною; цей ефір не створює пероксидних сполук, що значно збільшує безпеку його зберігання. [1].

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

ДП.09.01.ПЗ

ВИСНОВКИ

В даному проекті було розглянуто процес отримання метил–трет–бутилового ефіру. Описані фізико–хімічні основи процесу, властивості сировини, каталізаторів, продукції, що отримують, технологічна схема виробництва,

Були проведені розрахунки матеріального та теплого балансів, конструкційні розрахунки основного та допоміжного обладнання.

Також у даному проекті розглянуті економічні та екологічні аспекти виробництва.

У дипломному проекті запропановане нове технічне рішення, яке полягає у визначення можливості оптимізації цілей підвищення продуктивності установки й зниження витрати енергії на виробництво МТВЕ шляхом застосування АРС. Отриманий прибуток заєспечить швидку окупність інвестицій.

					ДП.09.01.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ANNOTATION

In the given project the process of reception was considered mark methyl tertiary-butyl ether. The described physical-chemical bases of process, property of raw material, production, which receive, technological circuit of manufacture new technological decisions.

The accounts of material and warm balances, constructional accounts basic and auxiliaries were carried out(spent).

Also in the given project the considered economic and ecological aspects of manufacture

In the degree project the new technical decision is offered which consists in definition of an opportunity of optimization of the purposes of increase of productivity of installation and decrease(reduction) of an expense of energy on manufacture MTBE by application APC. The received profit will ensure(supply) fast to be paid back of the investments.

					<i>ДП.09.01.ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Технологический регламент установки получения МТБЭ ЗАО «Линник».
2. Г.С. Борисов, В.П. Быков, Ю.И. Дытнерский и др. . Химия . Основные процессы и аппараты химической технологии. Пособие по проектированию, 1991.
3. А.А.Лазинский, А.Р. Толчинский. Основы конструирования и расчета химической аппаратуры. Справочник., Машгаз, 1963. 470 с.
4. Химия и технология топлив и масел, №2, 2001г., №6, 2001г.
5. Ахметов С.А. Технологія глибокої переробки нафти і газу: Навчальний посібник для вузів. Уфа:Гилем, 2002. 627с
6. Ельтерман В.М. Охрана воздушной среды на химических и нефтехимических предприятиях. –М.: Химия, 1985
7. Технология переработки нефти. Часть 2/ под. Ред. Капустина В.М., Гуреева А.А.– М.:Колосс, 2007.
8. Александров И.А. Перегонка и ректификация в нефтепереработке. М.:Химия, 1981
9. Мамедов Б.Б. Технологічні розрахунки процесів переробки нафти та газу– Луганськ,2008.
10. Журнал «Нафтогазові технології» №5 – 2008, 95 с.
11. Журнал «Нафтогазові технології» №2 – 2006, 82 с.
12. Голубятников В.А., Шувалов В.В. Автоматизация производственных процессов в химической промышленности: Учебн. для техникумов. – 2–е изд., перераб. и доп. – М.: Химия, 1985. – 352 с.
13. Справочник нефтехимика. В двух томах. Т. 2/Под ред. С.К. Огородникова. – Л.: Химия, 1978. – 592 с.

					ДП.09.01.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Додатки

					ДП.09.01.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		