

СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
імені Володимира Даля

Факультет Інженерії
(повне найменування факультету)

Кафедра Хімічної інженерії та екології
(повна назва кафедри)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломного проекту

освітнього ступеня магістр
(бакалавр, спеціаліст, магістр)

спеціальності 161 – Хімічні технології та інженерія
спеціалізація Хімічні технології органічних речовин
(шифр і назва спеціальності)

на тему **Проект виробництва формаліну окиснювальним дегідруванням метанолу потужністю 45 тис. т/рік**

Виконав: здобувач вищої освіти групи ТОР-19 дм
Харченко А.А.
(прізвище, та ініціали) (підпис)

Керівник Целіщев О.Б.
(прізвище та ініціали) (підпис)

Завідувач кафедрою Суворін О.В.
(прізвище та ініціали) (підпис)

Рецензент Потапенко Е.В.
(прізвище та ініціали) (підпис)

**СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
імені Володимира Даля**

Факультет Інженерії
Кафедра Хімічної інженерії та екології
Освітній ступінь магістр
(бакалавр, спеціаліст, магістр)
Спеціальність 161 - Хімічні технології та інженерія
Спеціалізація "Хімічні технології органічних речовин"
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедрою ХІЕ

О.В. Суворін

“ _____ ” 2020 р.

З А В Д А Н Н Я

НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ

Харченко Аліни Андріївни

1. Тема проекту :

Проект виробництва формаліну окиснювальним дегідруванням метанолу потужністю 45 тис. т/рік

Керівник проекту (роботи) Целіщев Олексій Борисович, д.т.н., доц.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по інституту від 19.11.2020 р. № 162/15.25

2. Строк подання здобувачем вищої освіти роботи - 15 січня 2021 р.

3. Вихідні дані до роботи: літературні, патентні та регламентні дані.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):

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. Анотація. Література.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):

1. Технологічна схема (1 лист).
2. Реактор . Вид загальний (1 лист).
3. Теплообмінник. Вид загальний (1 лист).
4. Таблиця матеріального балансу (1 лист).
5. Компонівочне креслення (1 лист).
6. Техніко-економічні показники (1 лист).

6. Дата видачі завдання - 09 листопада 2020 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Пор №	Назва етапів дипломної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ	09.11.2020	
2	Техніко-економічне обґрунтування	19.11.2020	
3	Технологічна частина	27.11.2020	
4	Контроль та автоматизація виробництва	07.12.2020	
5	Охорона праці	17.12.2020	
6	Компоновка технологічного обладнання	27.12.2020	
7	Екологія та охорона навколишнього середовища	03.01.2021	
8	Техніко-економічні розрахунки	10.01.2021	
9	Висновки	12.01.2021	

Здобувач вищої освіти

(підпис)

Харченко А.А.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Целіщев О.Б.

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка містить 110 сторінок друкованого тексту, 14 рисунків, 27 таблиць, 30 використаних літературних джерел.

Аркушів графічної частини - 6.

ФОРМАЛІН, ОКИСНЕННЯ, ФОРМАЛЬДЕГІД, КОНТАКТНИЙ АПАРАТ, СРІБНИЙ КАТАЛІЗАТОР, МЕТАНОЛ

Метою дипломного проекту є зменшення витрат коштовного срібного каталізатора конверсії (окиснювального дегідрування) метанолу в формальдегід із виробництвом формаліну із збереженням високого ступеня конверсії та підвищенням селективності.

Аналіз результатів досліджень в доступній літературі показав ефективність впровадження нових каталітичних систем. Процес отримання формальдегіду окисненням метанолу киснем повітря із застосуванням промислового (срібло на пемзі) і дослідного (суміщений «Срібло на пемзі» і «чисте срібло» 5: 1 об. частки) каталізаторів при різних температурах, за допомогою методу визначення альдегідних угруповань вивчена залежність конверсій від кількості подаваного окислювача при фіксованій температурі.

Використання дослідного каталізатора при температурі 300°C і при мольному $O_2: CH_3OH = 0,15: 1$ дає кращі результати хіміко-технологічні показників процесу, ніж при використанні при тих же умовах промислового каталізатора. Результати показали можливість практичного застосування суміщеного каталізатора «срібло на пемзі» і «чисте срібло».

Рекомендується використання даних каталітичних систем в технологічних схемах, подібних до виробництва формальдегіду, що діяло на ПрАТ «Севєродонецьке об'єднання Азот».

					<i>РМ 22.01. ПЗ</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Реферат</i>	<i>Літ.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розроб.</i>		<i>Харченко А.А.</i>						
<i>Перев.</i>		<i>Целищев О.Б.</i>						
<i>Консульт.</i>								
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затв.</i>		<i>Суворін О.В.</i>						
						<i>СНУ ім. В.Даля гр. ТОР-19дм</i>		

ЗМІСТ

Назва розділу	Стор.
ВСТУП	
1. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ОБРАНОГО МЕТОДУ ВИРОБНИЦТВА ФОРМАЛЬДЕГІДУ	
1.1 Технології виробництва формальдегіду та їх порівняльний аналіз	
1.2. Кінетика і механізм селективного окислення метанолу в формальдегід	
1.3. Каталізатори для виробництва формальдегіду	
1.4. Обґрунтування доцільності впровадження нових каталітичних систем в промислові технологічні процеси виробництва формаліну (нові технічні рішення даної роботи)	
2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	
2.1. Характеристика сировини, допоміжних матеріалів і готової продукції	
2.2. Опис технологічної схеми	
2.3 Розрахункова частина	
2. 3.1 Матеріальні розрахунки стадій виробництва формальдегіду	
2.3.2 Теплоенергетичні розрахунки основних технологічних стадій процесу	
2.3.3 Технологічний розрахунок основного устаткування	
3. КОНТРОЛЬ ТА АВТОМАТИЗАЦІЯ ВИРОБНИЦТВА	
3.1 Контроль основних технологічних параметрів процесу	
3.2. Регулювання технологічних параметрів	
3.3. Сигналізація й блокування	

					<i>PM 22.01. ПЗ</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Зміст</i>	<i>Літ.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розроб.</i>		<i>Харченко А.А.</i>						
<i>Перев.</i>		<i>Целищев О.Б.</i>						
<i>Консульт.</i>								
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затв.</i>		<i>Суворін О.В.</i>			<i>СНУ ім. В.Даля гр. ТОР-19дм</i>			

4. ОХОРОНА ПРАЦІ	
4.1 Основні фізико-хімічні властивості, токсичність, пожежо- та вибухонебезпечність речовин	
4.2 Небезпечні і шкідливі виробничі фактори на виробництві	
4.3. Класифікація і категорійність виробництва і його приміщень	
Заходи запобігання шкідливих і небезпечних виробничих факторів	
4.5 Заходи боротьби із пилом	
4.6 Освітлення приміщень	
4.7. Заходи щодо боротьби із шумом та вібрацією	
4.8 Заходи захисту від статичної електрики	
4.9. Заходи електробезпеки	
4.10. Пожежобезпека	
5. КОМПОНОВКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ	
6. ЕКОЛОГІЯ ТА ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА	
6.1 Фізико-географічна та кліматична характеристика майданчика	
6.2 Характеристика навколишнього природного середовища і оцінка впливу на нього	
6.3 Методи і засоби контролю за станом повітряного басейну і дотримання нормативів ГДВ	
7. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ РОЗРАХУНКИ	
7.1 Дані калькуляції діючого (умовно) виробництва	
7.2. Проектовані організаційно-технічні заходи	
7.3 Проектна потужність і об'єм випуску продукції	
7.4 Розрахунок зміни собівартості продукції	
7.5 Розрахунок техніко-економічних показників	
ВИСНОВКИ	
АНОТАЦІЯ	
Список літератури	

ВСТУП

Формальдегід, як продукт окислення спиртів, знаходить широке застосування в багатьох галузях промисловості і господарства. Основна частина формальдегіду йде на виготовлення полімерів - реактопластов (фенолформальдегідні, карбамідформальдегідні і меламіноформальдегідні смоли), які застосовують для отримання пластичних мас, синтетичних клеїв, лаків, герметиків, прес-композицій з різними наповнювачами, деревно-волокнистих і деревно-стружкових плит, просочувальних і заливальних композицій. Формальдегід також широко використовується в промисловому органічному синтезі (пентаеритрит, триметилпропан), в медицині, фармакології, будівництві, деревообробній промисловості, екстилі, побутової хімії [1-5].

Формальдегід - це отрута, який є надзвичайно небезпечною речовиною. Володіє токсичністю, негативно впливає на генетичний матеріал, репродуктивні органи, дихальні шляхи, очі, шкірний покрив. Надає сильну дію на центральну нервову систему. Смертельна доза 40% водного розчину формальдегіду становить 10-50 м. Прийом всередину 60-90 мл є смертельним. Симптоми отруєння: блідість, занепад сил, несвідомий стан, депресія, важке дихання, головний біль, нерідко судоми ночами [6-10].

Промислово важливі способи отримання формальдегіду:

- 1) Окиснювальне дегідрування метанолу на срібному каталізаторі;
- 2) Окиснювальне дегідрування метанолу на оксидних каталізаторах;
- 3) Окислення метанолу в формальдегід;
- 4) Дегідрування метанолу в формальдегід;
- 5) Окислення природного газу і нижчих парафінів.

					<i>PM 22.01. ПЗ</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Вступ</i>	<i>Літ.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розроб.</i>		<i>Харченко А.А.</i>						
<i>Перев.</i>		<i>Целищев О.Б.</i>						
<i>Консульт.</i>								
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затв.</i>		<i>Суворін О.В.</i>						
						<i>СНУ ім. В.Даля гр. ТОР-19дм</i>		

Процес окисної конверсії метанолу в формальдегід відомий вже кілька десятиліть років і до сьогоднішнього дня успішно використовується в промисловості [2].

На промислових установках формальдегіду з метанолу найчастіше використовують трегерні (нанесені) срібні каталізatori [11]. Найбільш широке застосування в якості носія отримала пемза [2]. Пемза - механічно нестійка речовина і в процесі тривалої експлуатації (4 місяці) може піддаватися частковому руйнуванню. В результаті чого масова частка втрат каталізатора «срібло, нанесене на пемзу» становить 8 - 10% і, таким чином, автоматично виключається з подальшого використання, так як підлягає переробці з метою утилізації срібла. Всього такий каталізатор витримує 3-4 циклу регенерації, після чого його через низьку активність і селективність його замінюють на новий каталізатор [12]. У зв'язку з цим необхідний новий спосіб застосування срібла в якості каталізатора, що дає мінімальні втрати дорогоцінного металу і витримує більше число регенерації зі збереженням високих показників процесу.

Існує досить велика кількість запропонованих каталізаторів, які могли б бути використані для отримання формальдегіду. Дослідження по отриманню формальдегіду широко велися ще з минулого століття, однак, у багатьох з них є недоліки, такі як: недовгий термін служби каталізатора, який працює в області низьких ступенів перетворення з низькою продуктивністю; невисокий вихід формальдегіду; невисокі хіміко-технологічні параметри процесу [13-14].

Збільшення потреби в формальдегіді привели до зростання наукових досліджень, мета яких - отримати найбільший вихід продукту (формальдегіду) при мінімальними витратах на сировину, каталізатор і його регенерацію, енергоносії і т. д. Одним із прикладів є спосіб перетворення метанолу в формальдегід на срібних композиціях за рахунок використання циклічної подачі кисню в реакційний простір, з одного боку, і організації посткаталітичного простору, з іншого, в якому реалізуються ланцюгові перетворення [15].

					<i>PM 22.01. ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

1. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ОБРАНОГО МЕТОДУ ВИРОБНИЦТВА ФОРМАЛЬДЕГІДУ

1.1 Технології виробництва формальдегіду та їх порівняльний аналіз

Більше 40% виробленого метанолу переробляється в формальдегід, який застосовується для виробництва карбамідоформальдегідних, фенолоформальдегідних, поліацетальних і інших смол, а також для виробництва «проміжних» хімікатів, таких, як бутандіол, багатоатомні спирти (наприклад, пентаерітрітол) і діфенілметандіізоціанат [16].

Вже протягом багатьох років основним виробничим методом отримання формальдегіду в усьому світі є каталітична взаємодія метанолу з киснем повітря. Формальдегід може бути отриманий окисленням вуглеводнів таких як метан, пропан, бутан, етилен або гідруванням СО, однак ці методи не мають промислового значення з економічних причин [17]. Промислова технологія отримання формальдегіду заснована на каталітичній переробці метанолу. Переробка метанолу в формальдегід здійснюється двома основними каталітичними процесами: окислення метанолу киснем повітря; дегідрування метанолу.

Процес окислення метанолу в формальдегід здійснюється на срібному каталізаторі при 650 - 700°C і атмосферному тиску. Цим способом в 2004 р вироблялося близько 80% формальдегіду. розроблено процес із застосуванням Fe-Mo-каталізатора при температурі 300 - 400°C при цьому ступінь перетворення становить 99% [16].

Застосовуваний в якості сировини метанол очищають від небажаних домішок (карбонільні сполуки заліза, альдегіди, кетони, олефіни, ефіри та ін.) на стадії ректифікації метанолу-сирцю.

					<i>PM 22.01. ПЗ</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Техніко-економічне обґрунтування обраного методу виробництва формальдегіду</i>	<i>Літ.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розроб.</i>		<i>Харченко А.А.</i>						
<i>Перев.</i>		<i>Целищев О.Б.</i>						
<i>Консульт.</i>								
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затв.</i>		<i>Суворін О.В.</i>						
						<i>СНУ ім. В.Даля гр. ТОР-19дм</i>		

За оцінками роботи витрати на стадії очищення (ректифікації) складають від 15 до 20% від собівартості продукційного метанолу. Відомі способи очищення метанолу-сирцю від контактних отрут включають: обробку лугом або окислювачами, за допомогою іонного обміну та ін.

Промислові схеми виробництва формальдегіду окисленням метанолу підрозділяють на два процесу «срібний» та «оксидний». В «срібному» процесі метанол частково окислюється і частково дегідується на тонкому шарі кристалів срібла. У «оксидному» процесі окислення метанолу проводиться в трубчатому реакторі із застосуванням оксидного Мо-Fe-каталізатора. Основні стадії для обох процесів однакові, реакція проходить в паровій фазі з повітрям в якості окислювача. Газоподібні продукти реакції охолоджуються і абсорбуються водою [16].

На малюнку 1.1 показана схема отримання формаліну окислювальним дегідуванням метилового спирту на срібному каталізаторі [16].

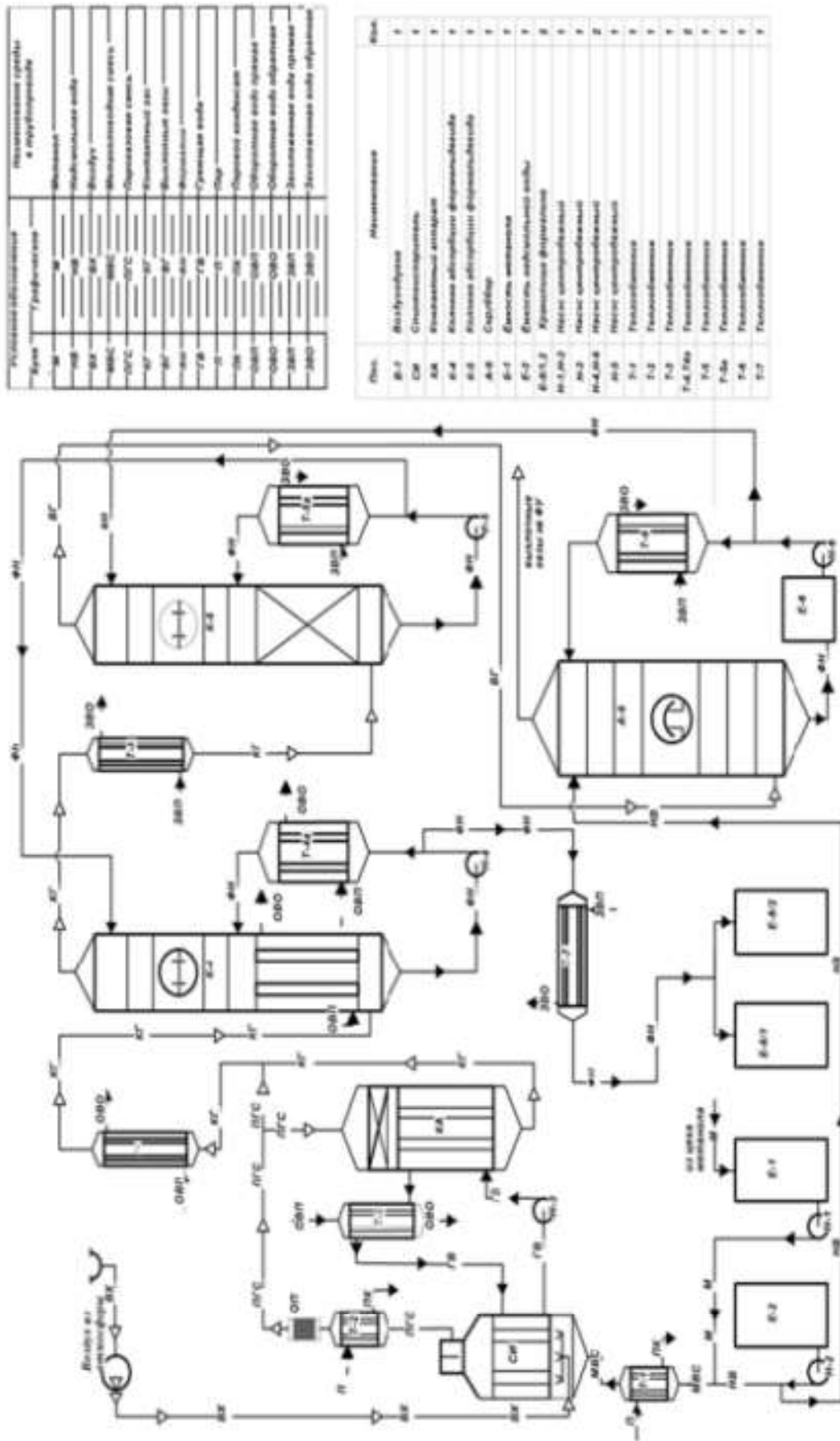
Метанол по трубопроводу надходить в підігрівач. розведення метанолу глибоко знесоленою або надсмольною водою проводиться до масової частки метанолу 56-70% на вході в підігрівач. Розведений метанол, пройшовши підігрівач безперервно надходить в нижню частину спиртовипаровувача.

Одночасно за допомогою турбоповітродувки в спиртовипаровувач через центральну трубу, яка закінчується барботером, подається повітря.

Новоутворена в спиртовипаровувачі спіртоповітряна суміш надходить у верхню частину контактного апарату, пройшовши попередньо трубчастий перегрівник і вогнеперепинювач. У перегрівачі суміш нагрівається до температури не менше 95⁰С.

Для запобігання конденсації парів метанолу та попадання конденсату на контактну масу, що може привести до зниження активності каталізатора аж до його отруєння. Вогнеперепинювачем є циліндричний апарат, заповнений мідною стружкою, і він служить для запобігання потрапляння відкритого вогню в систему спиртовипаровувача в разі спалаху в контактному апараті.

					<i>РМ 22.01. ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		



Коды оборудования		наименование герма в журнале	
Код	Условное	Код	Условное
В	Водуфудна	В	Водуфудна
В-1	Водуфудна	В	Водуфудна
СВ	Стихольнарствель	СВ	Стихольнарствель
СВ	Стихольнарствель	СВ	Стихольнарствель
КК	Каталитическый апарат	КК	Каталитическый апарат
А-1	Абсорбер	А-1	Абсорбер
В-2	Водуфудна	В-2	Водуфудна
В-3	Водуфудна	В-3	Водуфудна
В-4	Водуфудна	В-4	Водуфудна
В-5	Водуфудна	В-5	Водуфудна
В-6	Водуфудна	В-6	Водуфудна
В-7	Водуфудна	В-7	Водуфудна
В-8	Водуфудна	В-8	Водуфудна
В-9	Водуфудна	В-9	Водуфудна
В-10	Водуфудна	В-10	Водуфудна
В-11	Водуфудна	В-11	Водуфудна
В-12	Водуфудна	В-12	Водуфудна
В-13	Водуфудна	В-13	Водуфудна
В-14	Водуфудна	В-14	Водуфудна
В-15	Водуфудна	В-15	Водуфудна
В-16	Водуфудна	В-16	Водуфудна
В-17	Водуфудна	В-17	Водуфудна
В-18	Водуфудна	В-18	Водуфудна
В-19	Водуфудна	В-19	Водуфудна
В-20	Водуфудна	В-20	Водуфудна
В-21	Водуфудна	В-21	Водуфудна
В-22	Водуфудна	В-22	Водуфудна
В-23	Водуфудна	В-23	Водуфудна
В-24	Водуфудна	В-24	Водуфудна
В-25	Водуфудна	В-25	Водуфудна
В-26	Водуфудна	В-26	Водуфудна
В-27	Водуфудна	В-27	Водуфудна
В-28	Водуфудна	В-28	Водуфудна
В-29	Водуфудна	В-29	Водуфудна
В-30	Водуфудна	В-30	Водуфудна
В-31	Водуфудна	В-31	Водуфудна
В-32	Водуфудна	В-32	Водуфудна
В-33	Водуфудна	В-33	Водуфудна
В-34	Водуфудна	В-34	Водуфудна
В-35	Водуфудна	В-35	Водуфудна
В-36	Водуфудна	В-36	Водуфудна
В-37	Водуфудна	В-37	Водуфудна
В-38	Водуфудна	В-38	Водуфудна
В-39	Водуфудна	В-39	Водуфудна
В-40	Водуфудна	В-40	Водуфудна

Код	Условное	наименование герма в журнале
В	Водуфудна	Водуфудна
В-1	Водуфудна	Водуфудна
СВ	Стихольнарствель	Стихольнарствель
КК	Каталитическый апарат	Каталитическый апарат
А-1	Абсорбер	Абсорбер
В-2	Водуфудна	Водуфудна
В-3	Водуфудна	Водуфудна
В-4	Водуфудна	Водуфудна
В-5	Водуфудна	Водуфудна
В-6	Водуфудна	Водуфудна
В-7	Водуфудна	Водуфудна
В-8	Водуфудна	Водуфудна
В-9	Водуфудна	Водуфудна
В-10	Водуфудна	Водуфудна
В-11	Водуфудна	Водуфудна
В-12	Водуфудна	Водуфудна
В-13	Водуфудна	Водуфудна
В-14	Водуфудна	Водуфудна
В-15	Водуфудна	Водуфудна
В-16	Водуфудна	Водуфудна
В-17	Водуфудна	Водуфудна
В-18	Водуфудна	Водуфудна
В-19	Водуфудна	Водуфудна
В-20	Водуфудна	Водуфудна
В-21	Водуфудна	Водуфудна
В-22	Водуфудна	Водуфудна
В-23	Водуфудна	Водуфудна
В-24	Водуфудна	Водуфудна
В-25	Водуфудна	Водуфудна
В-26	Водуфудна	Водуфудна
В-27	Водуфудна	Водуфудна
В-28	Водуфудна	Водуфудна
В-29	Водуфудна	Водуфудна
В-30	Водуфудна	Водуфудна
В-31	Водуфудна	Водуфудна
В-32	Водуфудна	Водуфудна
В-33	Водуфудна	Водуфудна
В-34	Водуфудна	Водуфудна
В-35	Водуфудна	Водуфудна
В-36	Водуфудна	Водуфудна
В-37	Водуфудна	Водуфудна
В-38	Водуфудна	Водуфудна
В-39	Водуфудна	Водуфудна
В-40	Водуфудна	Водуфудна

Рис. 1.1. Принципова схема виробництва формальдегіду згідно [16].

Отримання формальдегіду відбувається в контактному апараті при проходженні спиртоповітряної суміші через шар каталізатора «срібло на пемзі». В результаті реакцій, що відбуваються в контактному апараті, утворюються контактні гази, до складу яких входять: формальдегід, водень, діоксид вуглецю, оксид вуглецю, метан, азот, пари води і не прореагував метанолу.

Температура в зоні контактування, а саме в шарі каталізатора, підтримується в межах 600-710°C. З метою припинення побічних реакцій, що знижують вихід формальдегіду, контактний газ, виходячи із зони контактування з температурою 600-710°C надходить в подконттактний холодильник, де відбувається різке зниження температури газів. Контактні гази з подконттактного холодильника проходять через виносний холодильник і надходять в нижню частину поглинальної колони. Гази і не поглинені пари з верхньої частини колони надходять у верхню частину холодильника.

Зрошення колони здійснюється надсмольною водою. Пари метанолу, води і формальдегіду, проходячи через насадку і тарілчасту частина колони, поглинаються зрошувальною рідиною. З верхньої частини колони гази направляються для остаточного уловлювання формальдегіду і метанолу з них в нижню частину скрубера. Факельна установка призначена для скидання і подальшого спалювання вихлопних газів виробництва формаліну, яка розташована на відстані від агрегатів синтезу формаліну.

Згідно з інформацією [16] фірма «Персторп Формокс АБ» побудувала на ВАТ «Метафракс» установку за технологією фірми. Контроль здійснюється шляхом окислення метанолу в трубчастому реакторі із застосуванням оксидного Fe-Mo каталізатора. Суміш метанолу з повітрям циркулює, проходячи через реактор і повертається в цикл газодувки. Нагнітач стисненого повітря підтримує підвищений тиск в системі (рисунок 1.2).

Рідкий метанол впорскується в випарник, де випаровується, змішуючись з повітрям і технологічним газом з рецикла. Потім, нагріта суміш надходить в реактор, де відбувається реакція перетворення метанолу в формальдегід. Реакція

					<i>PM 22.01. ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

екзотермічна, знімання відбувається за рахунок випаровування теплоносія в міжтрубному просторі реактора, Пери теплоносія конденсуються в конденсаторі. Гази з реактора охолоджуються в випарнику, нагріваючи сировинну суміш, що йде в реактор [16].

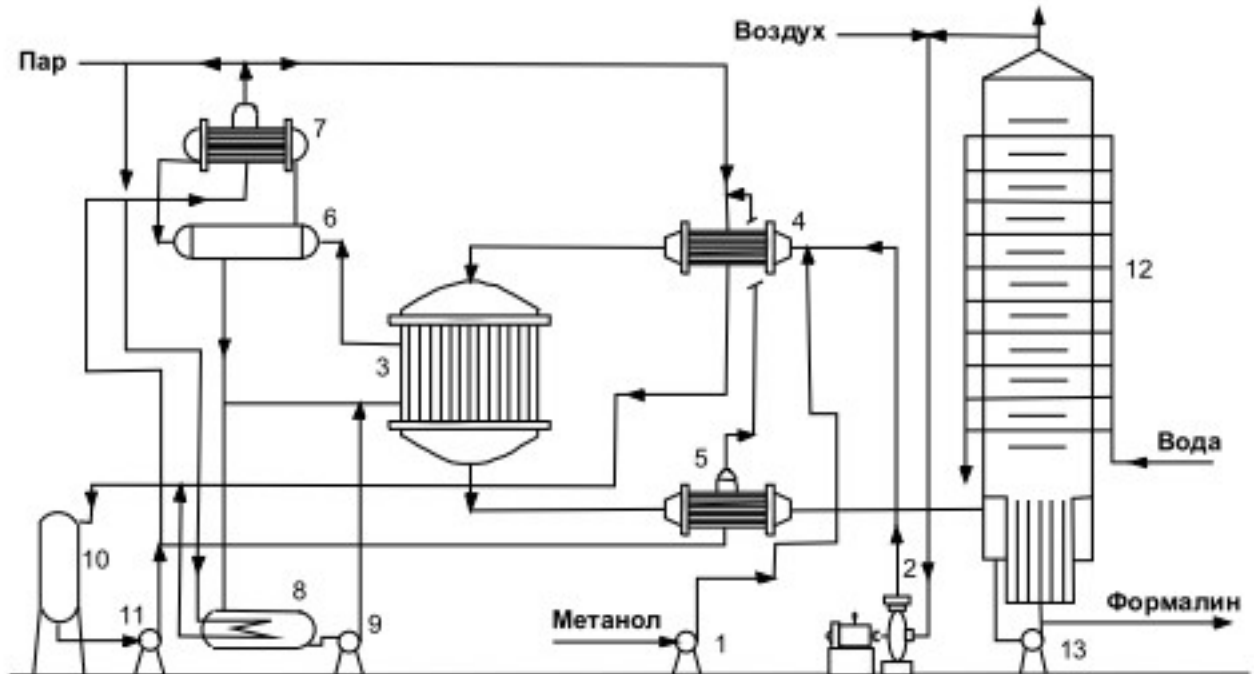


Рис. 1.2. Принципова схема процесу виробництва формальдегіду фірми «Perstorp» [16].

1-насос метанолу; 2-нагнітач суміші повітря з обертовим газом; 3-реактор; 4 - апарат отримання робочої суміші; 5-охолоджувач продуктів реакції; 6,7-конденсатори парів холодоагенту; 8-збірник теплоносія; 9-пусковий насос циркуляції теплоносія; 10-збірник конденсату; 11- насос конденсату; 12-абсорбер; 13- насос формаліну.

Охолоджені гази подаються на водну абсорбцію формальдегіду з утворенням формаліну, або розчином карбаміду з утворенням КФК. Дана технологія дозволяє отримати формалін концентрацією до 55% з вмістом залишкового метанолу 0,4-0,8%.

Можна виділити і зіставити переваги і недоліки двох фундаментальних варіантів окисної конверсії метанолу – на металевих (срібних) і оксидних (железомолібденових) каталізаторах.

Таблиця 1.1. - Зіставлення методів окисної конверсії метанолу [3]

№	Метод	Переваги	Недоліки
1	На срібному каталізаторі	1. Практично немає обмежень по потужності одиничної установки	1. Високий видатковий коефіцієнт по сировині
2		2. Простота конструкції реактора	2. Наявність у формаліні до 8-11% метанолу
3		3. Низька металоємність і енергоємність	3. Підвищений вміст мурашиної кислоти в обезметаноленому формаліні
4		4. Висока продуктивність	4. Витрата дорогоцінного металу - срібла
5	На оксидному каталізаторі	1. Низький видатковий коефіцієнт по сировині	1. Підвищені витрати енергії і повітря
6		2. Формалін містить не більше 0,6-1% метанолу і не вище 0,02% мурашиної кислоти	2. Обмеження по одиничній потужності установки
7			3. Складність експлуатації і ремонту реактора
8			4. Підвищена металоємність
9			5. Низька продуктивність (обмеження в діапазоні 75 - 150 тис. тон в рік)

Кожен з використовуваних каталізаторів має свої достоїнства і недоліками. Застосування срібних каталізаторів супроводжується рядом недоліків, таких як високі витратні коефіцієнти по сировині, наявність в одержуваному формаліні метанолу та мурашиної кислоти, високі температури процесу (600-700 ° С), використання для приготування каталізатора дорогоцінного металу. Однак, ця технологія відрізняється простотою каталітичного реактора і високою продуктивністю.

Таблиця 1.2 - Порівняльний аналіз параметрів виробництва формаліну по оксидній технології на різних каталізаторах [18]

№	Параметри виробництва	Технологія на срібному каталізаторі	Технологія на оксидному залізо молибденовому каталізаторі
1	Вихідна сировина	Метанол-повітряна суміш	
2	Термін служби каталізатора синтезу	До 3 років. Між регенераціями $\approx 0,4$ р	До 1,5 років
3	Температура реакції, °С	650	Менше 400
4	Товарний вихід формаліну з однієї тони метанолу, т	1,84	2,35
5	Максимальна концентрація формальдегіду в товарному продукті, %	37.0	До 57
6	Зміст метанолу в товарному продукті, %	4-8	Не більше 0,3

У зв'язку з високою потребою в чистому формальдегіді, останнім часом все ширше стали використовуватися технології його отримання, засновані на застосуванні залізомолібденових каталізаторів. Оксидні каталізатори дозволяють уникнути недоліків металевих контактів, так як мають високу селективність і дозволяють проводити процес при більш низьких температурах (300-400°C). До недоліків їх використання можна віднести складність конструкції каталітичного реактора і недовгий термін служби, який становить 1-1,5 року [таблиця 1.2]. Крім того, не можна не згадати і те, що технології виробництва даного виду каталізаторів в Україні відсутні, а на хімічних підприємствах використовуються закордонні контакти виробництв таких фірм як Perstorp (Швеція) і Haldor Topsoe (Данія).

Зіставляючи переваги і недоліки обох методів, природно припустити, що перші можна об'єднати, а другі, певною мірою зменшити, якщо спочатку пропустити метанол через срібний, а потім через оксидний контакт. На першій секції пропонується помістити кристалічний срібло, а на другий (по ходу сировини) - оксидний залізомолібденовий каталізатор

Таким чином, окислення метанолу протікає на каталізаторі, який може бути срібним або виконаним з суміші оксидів заліза і молібдену.

1.2. Кінетика і механізм селективного окислення метанолу в формальдегід

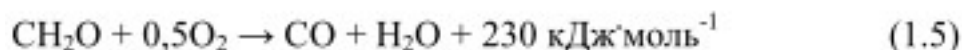
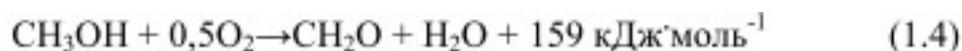
В даний час формальдегід отримують за двома технологіями із застосуванням каталізаторів: при температурі 650-730°C на срібному каталізаторі і в надлишку повітря на Молібдат заліза при температурі 300-400°C. Окислення метанолу на оксидних каталізаторах протікає по окислювально-відновному механізму [3]:



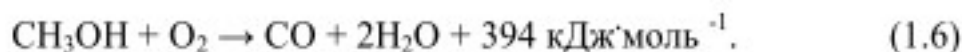
					<i>PM 22.01. ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Більшість дослідників вважають, що в основі перетворення метанолу як на оксидному контакті, так і на срібному каталізаторі лежить реакція окислювального дегідрування метанолу.

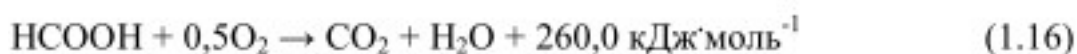
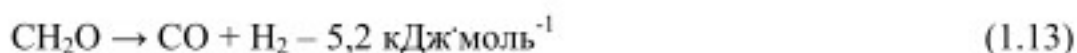
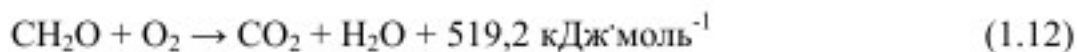
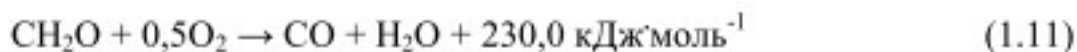
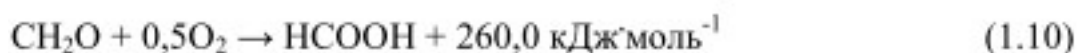
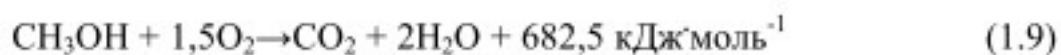
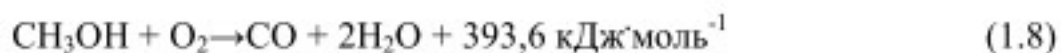
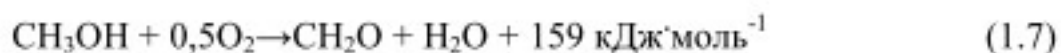
В процесі окислення метанолу в формальдегід на оксидному Fe-Mo каталізаторі протікають дві послідовні незворотні реакції:



Пізніше ця кінетична модель була доповнена рівнянням окислення метанолу до CO:



Повна сукупність хімічних реакцій, що протікають в каталітичному реакторі при окисленні метанолу в формальдегід в присутності металевих каталізаторів, представлені в роботі [19].



Ключові перетворення (1.7) і (1.8) здійснюються на поверхні каталізатора. Першим актом цих реакцій є адсорбція метанолу на поверхні окисленого срібла. Характерно, що на поверхні вільного неокисленого срібла метанол сорбується лише дуже слабо, причому з ростом температури кількість поглиненого продукту зменшується. Перетворення метанолу в формальдегід відбувається в результаті контакту молекул спирту з киснем, хемосорбованим на атомах срібла. Іншими словами, активними центрами каталізатора є поверхневі оксиди срібла. Цікаво, що за рахунок розкладу (відновлення) оксидної плівки, завжди наявної на поверхні срібла, що стикається з повітрям, перетворення метанолу в формальдегід протягом деякого часу спостерігається і під час відсутності кисню в сировині [3].

В даний час відомі більш детальні схеми реакції і кінетичні рівняння, що описують утворення не тільки основних продуктів, але і таких побічних продуктів, як метілформіат (МФ), диметилловий ефір (ДМЕ), ацетальдегід (АЛ) і ін. [16,17,18].

Кінетичні рівняння швидкостей утворення формальдегіду W_{Φ} і монооксиду вуглецю W_{CO} за схемою реакцій мають такий вигляд [20]:

$$W_{\Phi} = w_1 - w_2 = \frac{K_1 C_M}{1 + a_1 C_M + a_2 C_B + a_3 \frac{C_M}{C_K}} - \frac{K_2 C_{\Phi}}{1 + b_1 C_M + b_2 C_B + b_3 \frac{C_{\Phi}}{C_K}} \quad (1.1)$$

$$W_{CO} = w_2 + w_3 = \frac{K_2 C_{\Phi}}{1 + b_1 C_M + b_2 C_B + b_3 \frac{C_{\Phi}}{C_K}} + \frac{K_3 C_M}{1 + b'_1 C_B + b'_2 \frac{C_M}{C_K}} \quad (1.2)$$

Розрахунки промислових реакторів трубчастого, комбінованого і адіабатичного типів з використанням цієї кінетичної моделі були повністю підтвержені результатами експериментів.

Опубліковано кілька робіт з кінетики окислення метанолу на железомолібденовом каталізаторі з атомним відношенням $Mo: Fe = 2.6$, які проведені, як правило, проточним методом. Автори роботи [21], виходячи з

					<i>PM 22.01. ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

окислювально-відновного механізму реакції, пропонують кінетичне рівняння для окислення метанолу в вигляді:

$$W_1 = \frac{P^{m_{CH_3OH}} P^{n_{O_2}}}{aP^{m_{CH_3OH}} + bP^{n_{O_2}}}, \quad (1.3)$$

В роботі [20] було знайдено, що $m = n = 0,5$. В роботі [21] безградієнтним методом досліджено кінетику спільного окислення метанолу та формальдегіду повітрям на залізомолібденовому каталізаторі з атомним відношенням $Mo: Fe = 1.7-1.8$, який володіє найбільшою питомою активністю.

Також в роботі [21] було розглянуто вплив компонентів реакції на швидкість окислення метанолу та формальдегіду. Зміна концентрації кисню в циклі від 8,53 (19,1%) до 1,73 моль / м³ (3,9%) при концентрації метанолу ~ 1,1 моль / м³ практично не впливає на швидкість окислення спирту.

Швидкість окислення формальдегіду при цьому зменшується і в деяких випадках незворотна. Відновлення початкової активності в реакції окислення формальдегіду при постановці «стандартних» дослідів вимагає часу іноді більше, ніж час збереження постійної активності каталізатора в реакції окислення метанолу.

Більше значення енергії активації окислення формальдегіду на великому зерні в порівнянні з дрібним викликано тим, що розподіл концентрацій води і формальдегіду по радіусу зерна залежить від швидкості окислення метанолу. Це, мабуть, і призводить до удаваному підвищенню енергії активації окислення формальдегіду [15].

В роботі [22] для MoO_3 було встановлено присутність Льюїсовського кислотних центрів (ЛКЦ) (1250 і 1600 см⁻¹) і Бренстедовських кислотних центрів (БКЦ) ($\delta(NH_4^+)$ 1400 і 1450 см⁻¹). Згідно з даними цього дослідження, дегідратація при 573 К (максимальна температура обробки використана авторами) MoO_3 був представлений у вигляді $MoO_2(OH)_2$. В роботі [15] показано, що поверхня каталізатора глибокого окислення містить тільки ЛКЦ, селективного окислення - тільки БКЦ, а змішаного - кислотні центри обох типів.

										Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

Поверхня оптимального каталізатора окислення метанолу в формальдегід повинна бути аморфної. Центрами адсорбції метанолу, відповідальними за утворення формальдегіду, є слабкі кислотні та основні центри, в якості яких можуть виступати аніони кисню. За утворення продуктів глибокого окислення відповідальні сильні кислотні центри, якими є також катіони металів і протони поверхні, але володіють великою електронно-акцептерною здатністю.

Слід зазначити, що наявні в розпорядженні дані про природу активних центрів оксидних залізо-молібденових каталізаторів в значній мірі суперечливі. Оцінити на їх основі активний компонент каталізатора і умови обробки досить важко. Адсорбція аміаку привела в усіх випадках до формування іонів амонію, включаючи наявність БКЦ.

Таким чином, в ряді робіт були вивчені кислотні властивості Fe: Mo каталізаторів зі стехіометричним складом і при надлишку молібдену. На їх поверхні було виявлено присутність як Льюїсовського так і Бренстедовських кислотних центрів. Концентрація БКЦ значно зростає в присутності надлишку молібдену; в той же час кількість координаційно ненасичених катіонів на поверхні зразків зменшується. Крім того показано взаємодію метанолу і ізопропанолу з поверхнею досліджуваних каталізаторів і встановлена визначальна роль БКЦ в утворенні комплексів і встановлена конверсія спиртів на оксидному залізомолібденовому каталізаторі. На підставі результатів дослідження запропоновано механізм конверсії метанолу на оксидному железомолібденовому каталізаторі.

1.3. Каталізатори для виробництва формальдегіду

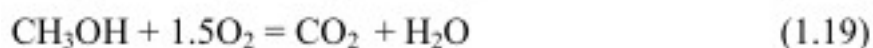
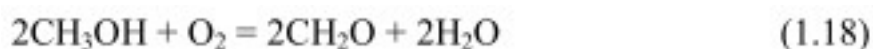
Реакції окислення органічних сполук проводять в присутності різного типу каталізаторів: а) каталізатори м'якого окислення дозволяють з вуглеводнів отримувати різні кисневмісні з'єднання (оксиди олефінів, альдегіди, ангідриди, кислоти), до них відносяться срібло, оксид міді (I), V_2O_5 і б) каталізатори

					<i>PM 22.01. ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

жорсткого окислення, в присутності яких відбувається повне згоряння вуглеводнів до CO_2 і H_2O . До них відносяться шпінелі (хромат магнію, міді та ін.), метали Pt і Pd і оксиди - MnO_2 , CuO [23].

Окислювальне дегідрування метанолу в присутності розпеченої міді (сітка, спіралі, трубки) відноситься до числа найстаріших хімічних процесів.

Піонерські роботи в цій області з'явилися в 70-х - 80-х роках, а перша установка була споруджена в Німеччині на початку 90-х років XIX [3]. В процесі окислення метанолу на цьому каталізаторі протікають 2 реакції:



Реакція з утворенням формальдегіду переважає. Селективність даного каталізатора склала близько 80%.

Основними недоліками цього каталізатора є:

- 1) перед початком експлуатації вихідний медьвмісний каталізатор вимагає попереднього відновлення;
- 2) Процес конверсії метанолу залежить від співвідношення парціальних тисків метанол / кисень в реакційній суміші і послідовності подачі реагентів;
- 3) Оксиди міді (Cu_2O і CuO) не є селективними каталізаторами синтезу формальдегіду;
- 4) На поверхні каталізатора під час реакції виникає моношар субоксидного кисню, який викликає зниження швидкості реакції, для руйнування якого потрібно значне підвищення температури (вище 550°C) [24].

В даний час мідний каталізатор не використовується через своїх істотних недоліків застосування, його замінили на економічно і технічно вигідні аналоги [24].

Для виробництва формальдегіду в промисловості використовуються два процеси, в обох метанол використовується як базовий матеріал. Це -

					<i>PM 22.01. ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

дегідрування повітряної суміші збагаченої метанолом на срібному каталізаторі і пряме окислення метанольно-повітряної суміші на залізомолібденовому каталізаторі [23].

Срібний каталізатор використовується у вигляді сіток, кристалів і нанесеного на різні носії. Слід зазначити, що нанесений на пемзу каталізатор, є більш стабільним, ніж порошковий металевий каталізатор типу електролітичного срібного каталізатора, але дає відносно низький вихід формальдегіду [3]. Виявлено, що каталізатор, нанесений на діоксид кремнію, показав набагато більш високу каталітичну активність навіть при більш низькому вмісті срібла в порівнянні з нанесеним на пемзу каталізатором. Срібло з йодидами, особливо з CH_3I в якості модифікатора, збільшує вихід формальдегіду і величину конверсії метанолу.

При використанні даного каталізатору необхідно дотримуватися співвідношення метанол: повітря. В цьому випадку збагачену метанолом суміш з повітрям (1: 1) пропускають над срібним каталізатором, які представляють собою срібну сітку або кристалики срібла розміром від 0,05 до 0,3 см, поміщені в адіабатичний реактор. Реакція протікає у зовнішньодифузійній області. Температура на виході з реактора - $\sim 700^\circ\text{C}$, час контакту становить менш 0.01 с, ступінь перетворення близька до термодинамічно рівноважної - 90 - 98%. Щоб запобігти розкладанню CH_2O на $\text{CO} + \text{H}_2$, контактні гази після реактора швидко охолоджують.

Відходять гази завжди містять значні кількості водню, що свідчить про одночасне протікання дегідрірованія метанолу [25]:



Срібний каталізатор чутливий до домішкам і зазнає в ході процесу істотні фізичні зміни. Додавання парів води зменшує шкідливі відкладення вуглецю на каталізаторі.

					<i>PM 22.01. ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Узагальнюючи все вище сказане, можна зробити висновок, що до основних недоліків срібного каталізатора в процесі синтезу формальдегіду з метанолу можна віднести:

- 1) висока температура на виході з реактора;
- 2) необхідність швидкого охолодження формальдегіду після реактора, щоб уникнути його розпаду на $\text{CO} + \text{H}_2$;
- 3) срібний каталізатор дуже чутливий до домішок і зазнає в ході процесу істотні фізичні зміни;
- 4) необхідність додавання в процес парів води для зменшення відкладення вуглецю на срібному каталізаторі;
- 5) зменшення селективності каталізатора через високий заповнення киснем його поверхні, в результаті чого метоксильніе угруповання перетворюються в форміатніе структури, які розпадаються на $\text{CO}_2 + \text{H}_2$ або $\text{CO} + \text{H}_2\text{O}$ [25].

Таким чином, в промисловості формальдегід може бути отриманий двома способами - неповним окисленням метану і його гомологів і окислювальним дегідриванием метилового спирту в присутності каталізаторів [3]. Останні можна розділити на дві групи:

1. Металева мідь або срібло у вигляді металевої сітки або обложені на інертному високопористого носії (наприклад, на пемзі) [26].
2. Оксидні каталізатори, наприклад оксидні залізо-молібденові, в деяких випадках з добавками оксидів інших металів (магнію, хрому, марганцю, кадмію) [20,26,27,28].

Між каталітичної природою металів і їх оксидів є певні відмінності. Оксидні каталізатори характеризуються більш низькою питомою каталітичною активністю, але більш високою стабільністю і стійкістю до дії каталітичних отрут.

Багатьма авторами, в різний час, досліджувалися каталітичні властивості оксидів металів при перетворенні метанолу в формальдегід. Встановлено, що цими властивостями володіють, переважно, оксиди металів змінної валентності,

					<i>PM 22.01. ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

четвертої, п'ятої, шостої, сьомої та восьмої груп, тобто оксиди Ti, V, Bi, Cr, Mn, W, Fe, Co. Деякі з них, такі як оксиди молібдену і ванадію мають високу вибірковість, але низькою активністю, а оксиди заліза, хрому навпаки - великою активністю і малої вибірковістю і призводять до повного окислювання метанолу до кінцевих продуктів, а при нестачі кисню до його розкладання з виділенням вуглецю. Однак, суміші оксидів виборчих і активних, в певних співвідношеннях, показують хорошу активність і селективність [3,15].

В даний час для отримання формальдегіду з низьким вмістом метанолу та мурашиної кислоти використовуються залізо-молібденові каталізатори, які замінюють нанесені пемзосрібні і срібні каталізатори у вигляді сіток тканного типу [3,15].

З початку 30-х років в літературі зустрічаються роботи присвячені отриманню формальдегіду на оксидних залізомолібденових каталізаторах.

Починаючи з 50-х років минулого століття, в зв'язку з промисловим впровадженням технології отримання формальдегіду на оксидних каталізаторах, спостерігався сплеск активністю публікацій з даної тематики [3].

Було знайдено, що активність оксидів зростає в ряду $\text{MGO} < \text{TiO}_2 < \text{Fe}_2\text{O}_3 < \text{Cr}_2\text{O}_3 < \text{NiO} < \text{V}_2\text{O}_5 < \text{Mn}_2\text{O}_3 < \text{CuO} < \text{Co}_3\text{O}_4$. Вибірковість щодо виходу формальдегіду зменшується в послідовності: $\text{Co}_3\text{O}_4 < \text{CuO} < \text{Fe}_2\text{O}_3 < \text{Mn}_2\text{O}_3 < \text{Cr}_2\text{O}_3 < \text{NiO} < \text{V}_2\text{O}_5 < \text{TiO}_2 < \text{MoO}_3$ [15].

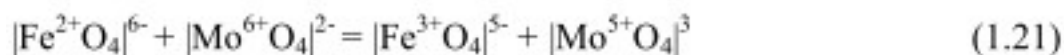
Як показано в літературі [3] відповідні показники для молібдатів металів змінюються в рядах $\text{Na} \approx \text{Ca} < \text{Sr} \leq \text{Ni} < \text{MoO}_3 < \text{Ba} < \text{Pb} < \text{Cr} < \text{Cd} \leq \text{Bi} \leq \text{Co} < \text{Fe}$ і $\text{Cr} < \text{Co} < \text{Fe} < \text{Bi} < \text{Cd} < \text{Ni} < \text{Ba} < \text{Ca} < \text{Na} < \text{Pb}$.

Однак найбільшою ефективною за обома показниками володіють каталізатори, що містять надлишковий оксид молібдену (молярна частка 10% і більше). У цьому випадку спостерігаються такі послідовності: за активністю - $\text{MoO}_3 < \text{Na} < \text{Sr} \leq \text{Ni} \leq \text{Pb} < \text{Cd} < \text{Co} < \text{Ca} < \text{Bi} < \text{Cr} < \text{Fe}$, а по селективності - $\text{Ba} \approx \text{Sr} < \text{Ni} < \text{Ca} < \text{Pb} < \text{Co} < \text{Cd} < \text{Cr} \approx \text{Fe}$.

					<i>PM 22.01. ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Активність залізо-молібденового оксидного каталізатора залежить від співвідношення вихідних солей і складу каталізатора, розрахованого по оксидам Fe_2O_3 і MoO_3 . Оптимізацію складу каталізатора для реакції окислення метанолу можна провести за допомогою теорії каталізу Поліедр. У структурі залізо-молібденового каталізатора активними ансамблями є тетраедри $\{\text{FeO}_4, \text{MoO}_4\}$, а менш активними ансамблями поліедрів є наступні: $\{\text{FeO}_4, \text{MoO}_6\}$, $\{\text{FeO}_6, \text{MoO}_4\}$ і $\{\text{FeO}_6, \text{MoO}_6\}$ [27].

У каталізаторі найбільш високу каталітичну активність проявляють тетраедри, число окислення яких створюється внаслідок перерозподілу електронів по схемі (умовна схема):



Стан зазначених в правій частині тетраедрів визначається за допомогою спектрів ЕПР.

Каталізатору можна приписати загальну формулу $a\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot b\text{MoO}_3$

При оптимізації складу цього каталізатора, встановлено, що максимальної каталітичної активністю повинен володіти каталізатор складу $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{MoO}_3$.

В такому каталізаторі зміст молібдену складе:

$$\frac{2\text{Mo}}{2\text{Mo} + 2\text{Fe}} = \frac{95,94}{95,94 + 55,8} = 63,2\% \text{ мас.} \quad (1.4)$$

Дослідно було встановлено, що максимальною активністю володіє каталізатор, що містить близько 62% мас. Мо. Збіг розрахованої теоретично і досвідченою величин можна вважати задовільним.

Ці дані показують широку можливість термодинамічної методу і теорії каталізу Поліедр для оптимізації складу складних оксидних каталізаторів [27].

					<i>PM 22.01. ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Додавання Fe_2O_3 до MoO_3 викликає збільшення активності, пропорційно вмісту заліза, до атомного співвідношення $\text{Mo}:\text{Fe} = 1,7$.

Подальше збагачення залізом веде до прогресивного зменшення активності. Молібдат заліза $[\text{Fe}_2(\text{MoO}_4)_3]$, є активним компонентом каталізатора. Деякі дослідники пов'язують активні ділянки з поверхневими атомами Mo в октаедричній координації, і така координація досягається тільки в Fe -дефектному Молібдат заліза. Цей результат узгоджується з тим фактом, що максимальна активність виявлена для каталізатора з атомним співвідношенням $\text{Mo}:\text{Fe}$ більшим, ніж стехіометричне значення. Присутність двох граничних атомів кисню двічі пов'язаних з Mo в такій координації, дозволяє реагує молекулам метанолу бути пов'язаними одночасно в двох точках на поверхні.

В роботі [28] показано, що питома каталітична активність залізо-молібденових каталізаторів збільшується зі зростанням вмісту молібдену і досягає максимального значення для стехіометричного молібдата заліза.

Селективність цього каталізатора по формальдегіду зростає пропорційно вмісту молібдену. Спостережуваний стехіометричний ефект цікавий в тому, що каталізатор з атомним співвідношенням $\text{Mo}:\text{Fe} = 2,2$ майже так само активний як $[\text{Fe}_2(\text{MoO}_4)_3]$, і селективний як чистий MgO .

На практиці в якості каталізатора найбільшого поширення набула суміш оксидів заліза (III) і молібдену (VI) MgO , з атомним співвідношенням молібдену до залозу від 1,5 до 5. [3]. Надлишок оксиду молібдену необхідний для підтримки стехіометричного складу поверхні при експлуатації каталізатора, коли відбувається винесення молібдену, який відбувається в основному на вході свіжих реагентів в каталітичний шар і в областях з локальним підвищенням температури (максимальна температура всередині реактора).

За результатами термогравіметрії, рентгенографії, ІЧ-спектроскопії, спектрів ЯМР і ЕПР зразків різного складу і оброблених при різній температурі була запропонована схема формування каталізатора при його термообробці. Так, при 500°C і вище присутній в надлишку MoO_3 впроваджується в порожнечі

					<i>PM 22.01. ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

решітки молибдата заліза без істотних змін в структурі останнього. Чим вище температура прожарювання тим більше утворюється твердого розчину, але при температурі 750 ° С молибдат розкладається на MoO_3 і $\text{Fe}_2(\text{MoO}_4)$

Вплив температури прожарювання на активність каталізатора при його експлуатації проявляється в підвищенні парціального тиску з'єднань молибдену - молибденової сині і віднесення його з твердого розчину. Дослідження системи Fe (III) - Mo (VI) - O, проведені в інституті каталізу СО РАН показали, що найкращим за активністю та вибірковою є железомолибденовий каталізатор з співвідношенням молибдену і заліза 1,7: 1, але тривала промислова практика виявляє його недолік: через кілька місяців роботи через поступове зменшення вмісту молибдену відбувається зниження активності і селективності каталізатора, головним чином у верхніх шарах, особливо якщо процес виконується при температурі близькій до 400°C. Підвищення змісту молибдену в каталізаторі, збільшує стійкість, але трохи зменшує питому активність, проте в інтервалі співвідношень Mo: Fe = 1,7 - 2,5 активність змінюється не значно, а стійкість помітно зростає. З цієї причини для промислового використання прийнятий, як базовий варіант, каталізатор з співвідношенням Mo / Fe 2,5: 1. Цей каталізатор, при нормальній експлуатації, має термін служби 12 місяців і більше.

У патенті [29] пропонується вводити в Fe-Mo каталізатор хром. Авторами встановлено, що введення хрому в Fe-Mo каталізатор, не знижуючи активності і селективності, значно збільшує механічну і хімічну (Термічну) стійкість системи, що і має велике значення при промисловому використанні каталізатора, оскільки значно збільшує час його експлуатації. Автори [29] показали, що максимальну активність і селективність мають зразки з атомним співвідношенням Mo / Cr = 1,6 - 1,9, яка не поступається промисловим аналогам. В роботі [30] встановлено, що активність і селективність обложених железохроммолибденових каталізаторів з атомним співвідношенням Mo / Fe + Cr = 2,5 порівнянна з промисловим железомолибденовим каталізатором. Однак Fe-Cr-Mo системи мають підвищену стабільністю і можуть експлуатуватися протягом тривалого часу.

					<i>PM 22.01. ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Показано, що має місце схожість залежностей активності від складу при співвідношенні Мо і суми металів рівним 0,8 для хром і залізомолібденових каталізаторів. В обох випадках максимум активності і вибіркової відзначається у зразків з співвідношенням Мо до суми металів 1,6-1,9. З огляду на поступову улетучіваемость молібдену, в промислових каталізаторах його збільшено до 2,4 - 2,6 [3,15]. Активність і вибірковість обох каталізаторів близькі. Молібдати заліза і хрому мають майже однакову структуру, в обох випадках активним компонентом каталізатора є твердий розчин MoO_3 в Молібдат і реалізується однаковий механізм реакції окислення метанолу [3, 15]. Тому ряд авторів вважає, що Fe-Cr-35 Мо каталізатор є одним з найбільш вдалим, що показали при промисловій перевірці хороші результати по активності, вибіркової та терміну служби. Наявність хрому в каталізаторі стримує перехід молібдену в летюча з'єднання і збільшує його механічну міцність в 1,5-2 рази в порівнянні з Fe-Mo.

Таким чином, незважаючи на високу потребу промисловості в залізо-молібденових каталізаторах в літературі практично відсутні однозначні уявлення і думки за напрямками їх вдосконалення.

1.4. Обґрунтування доцільності впровадження нових каталітичних систем в промислові технологічні процеси виробництва формаліну (нові технічні рішення даної роботи)

Вивчивши сучасні методи регенерації срібного каталізатора, можна зробити висновок, що все більшої популярності набувають способи використання нових каталізаторів на основі старих, в результаті яких показники процесу збільшуються або залишаються незмінними, а витрати на регенерацію каталізатора зменшуються.

Можливо, при одночасному використанні як каталізатор «срібло на пемзі» і «чисте срібло» показники процесу збільшаться, а втрати дорогоцінного металу при утилізації «срібла на пемзі» зменшаться.

					<i>PM 22.01. ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

На промислових установках з отримання формальдегіду окислювальним дегідруванням метанолу на каталізаторі «срібло на пемзі» температура процесу підтримується на рівні 600°C, при цьому конверсія метанолу складає близько 70%, селективність утворення формальдегіду - близько 87%.

У роботі [1], яка є основою нового рішення даної магістерської роботи, була поставлена задача практичним шляхом визначити принципову можливість використання суміщеного каталізатору «срібло на пемзі» і «чисте срібло» при більш низьких температурах.

Дослідження проводили на установці, що імітує промисловий реактор (рис. 1.3)

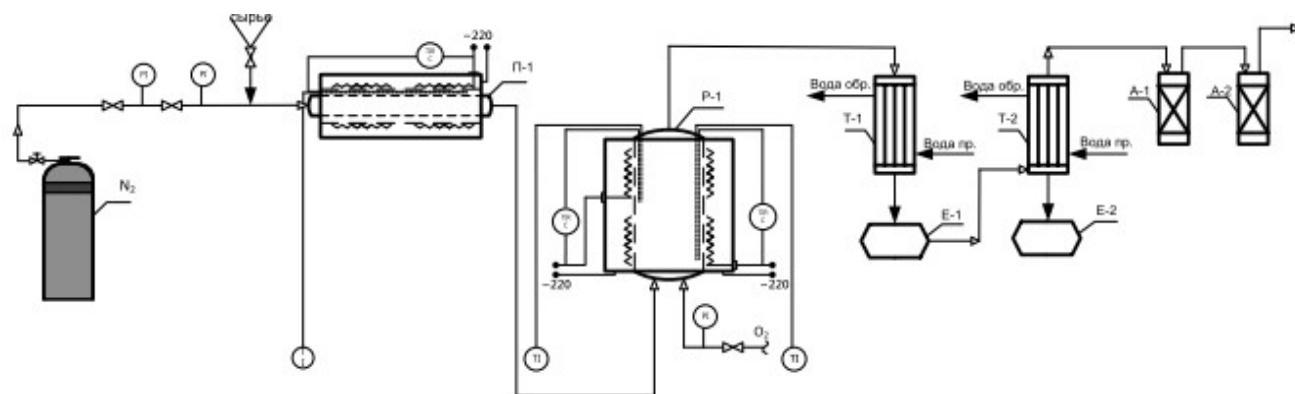


Рис. 1.3. Схема отримання формальдегіду окисної конверсією метилового спирту, П-1 - випарник; Р-1 - реактор окислення; Т-1, Т-2 - прямі холодильники; Е-1, Е-2 - приймачі; А-1, А-2 - абсорбери

Установка складається з випарника П-1, реактора Р-1, холодильників Т-1, Т-2, ємностей Е-1, Е-2, абсорберов А-1, А-2. В якості інертного розчинника використовується азот, який в систему подається з балона через витратомір, регульований затискачем. Після змішування сировини з інертним газом маса направляється в кварцовий випарник П-1, який складається з двох частин: внутрішньої трубки для випаровування і зовнішньої сорочки. У середній частині випарника розташована обмотка, з'єднана з ЛАТР для подачі і регулювання

										Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

тепла. У зазорі між трубкою і сорочкою поміщається термомпара, поєднана з приладом, який показує температуру в випарнику. Для усунення теплових втрат випарник обмотують азбестовою ниткою і склотканиною. Азот і пари сировини надходять з випарника П-1 в нижню частину реактора окислення Р-1, де є бічний відведення для подачі кисню повітря за допомогою компресора і бульбашкового витратоміра.

Кварцовий реактор Р-1 складається з двох зон: нижньої, призначеної для змішування і підігріву реакційної маси до заданої температури, і верхньої, де розташовується шар каталізатора, насадки і проходить реакція окислення. В якості каталізатора використовується срібло, нанесене на пемзу, чисте срібло, мідь, в якості насадки - подрібнене кварцове скло. Є дві термомпари: одна з них вимірює температуру верху реактора, а друга - низу реактора. Для усунення теплових втрат реактор обмотаний азбестовою ниткою і склотканиною.

Реактор Р-1 з'єднується з холодильником Т-1 через кутовий перехідник. Внутрішня трубка холодильника Т-1 завантажується циліндричної скляній насадкою. Пари продукту після конденсації стікають в приймач Е-1.

Після холодильника Т-1 розташований холодильник Т-2 для додаткової конденсації пари в приймач Е-2. Далі буря пари надходять послідовно в абсорбери А-1 і А-2, наповнені водою і лугом для кращого уловлювання газоподібних продуктів. Протягом процесу приймачі і абсорбери охолоджують льодом для зниження втрат продукту.

Активними центрами каталізатора дегідрування є поверхневі оксиди срібла, на яких сорбуються метанол і кисень. У процесі хемосорбції кисню здійснюється перенесення заряду з атомів срібла на адсорбований кисень, і поверхня заряджається негативно [2].

В якості каталізатора використовується срібло, нанесене на пемзу (далі по тексту - промисловий каталізатор); срібло на пемзі і чисте срібло (5: 1 об. частки) (далі по тексту - дослідний каталізатор), в якості насадки - подрібнене кварцове скло.

					<i>РМ 22.01. ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

У промисловості окиснювальну конверсію метанолу в формальдегід на металевих каталізаторах проводять в інтервалі температур 500-700 °С, мольне співвідношення кисню підтримують на рівні 0,30-0,33 моль. У даній роботі проведено реакції при п'яти температурах від 250 до 450 °Сс кроком в 50 °С при співвідношенні $O_2: CH_3OH = 0,35: 1$ і при мольних співвідношеннях $O_2: CH_3OH = (0,15; 0,25 ; 0,35; 0,45): 1$ з температурою 300°С.

Визначення кількісного вмісту формальдегіду в суміші продуктів окислення метанолу провели за методом титрування; хроматографічним методом визначили концентрацію речовин в аналізованій суміші (на підставі яких були визначені конверсія і селективність окислення метанолу).

Дослідження процесу синтезу формальдегіду на промисловому і дослідному каталізаторах показало, що вихід формальдегіду з використанням промислового каталізатора плавно росте з підвищенням температури (рис. 1.4).

При використанні дослідного каталізатора вихід цільового продукту зростає до 300 °С і досягає максимального значення, а потім різко знижується. Імовірно, вихід цільового продукту на дослідному каталізаторі знижується з дуже високою швидкістю через значне розвиток побічних реакцій.

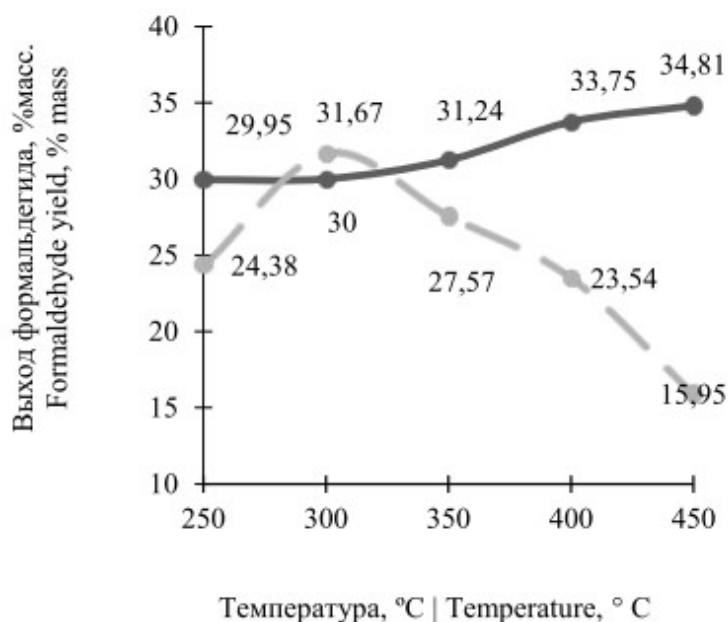


Рис. 1.3. Залежність виходу формальдегіду від температури; - каталізатор промисловий, - - каталізатор дослідний.

Конверсія сировини з підвищенням температури зростає. На промисловому каталізаторі конверсія метанолу плавно зростає зі збільшенням температури (рисунок 1.5). Що стосується дослідного каталізатору, то конверсія зростає до температури 400 °С, а потім різко знижується.

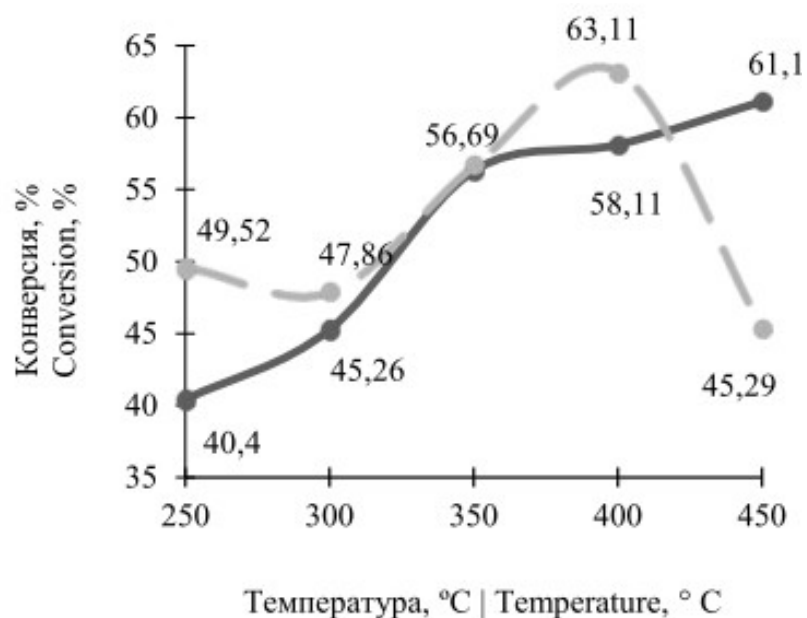


Рис. 1.5. Залежність конверсії метанолу від температури процесу; - каталізатор промисловий, - - каталізатор дослідний

Можливо, це відбувається через відкладення вуглецю на срібному каталізаторі. Високі показники дослідного каталізатора свідчать про те, що він володіє найбільшою здатністю до окислювального дегідрування.

Селективність процесу знижується з підвищенням температури (рисунок 1.6). Найбільше значення селективності дослідного каталізатора зафіксовано при температурі 300 °C. Швидше за все, зі зростанням температури на дослідному каталізаторі значно збільшується частка протікання побічних реакцій.

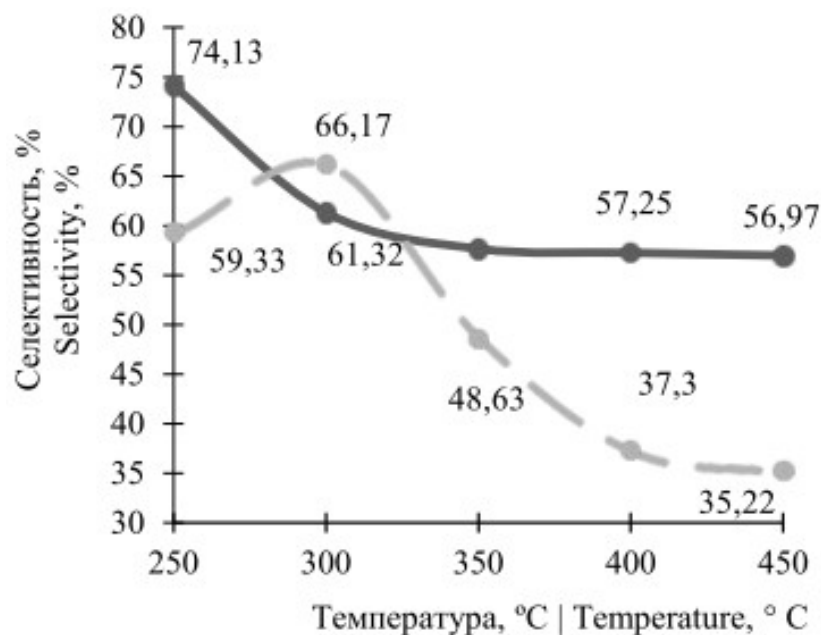


Рис. 1.6. Залежності селективності утворення формальдегіду від температури процесу; - каталізатор промисловий, - - каталізатор дослідний

При використанні досвідченого каталізатора найкращі значення приймає селективність, а при використанні промислового - конверсія метанолу. Дані за селективностями наведені на рисунках 1.7 -1.9.

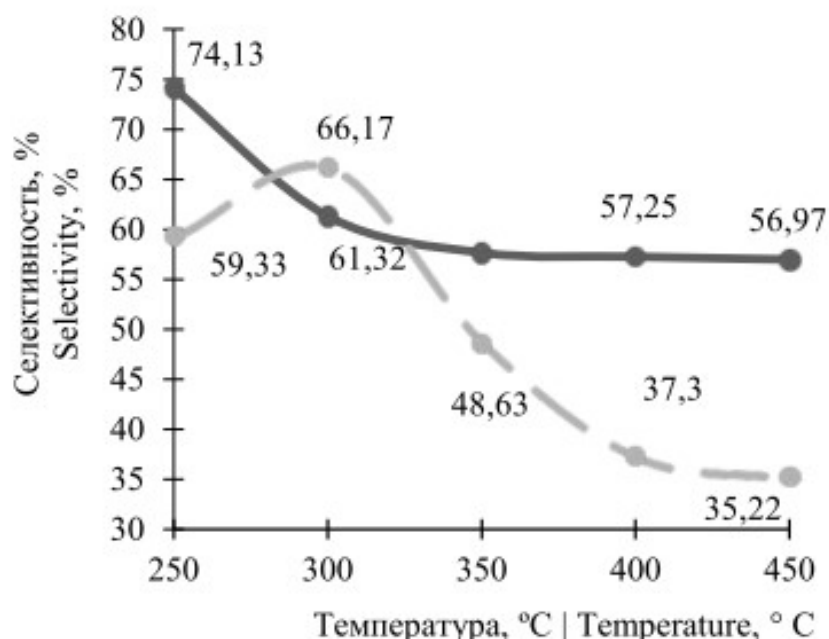


Рис. 1.7. Залежності селективності утворення формальдегіду від температури процесу; - каталізатор промисловий, - - каталізатор дослідний

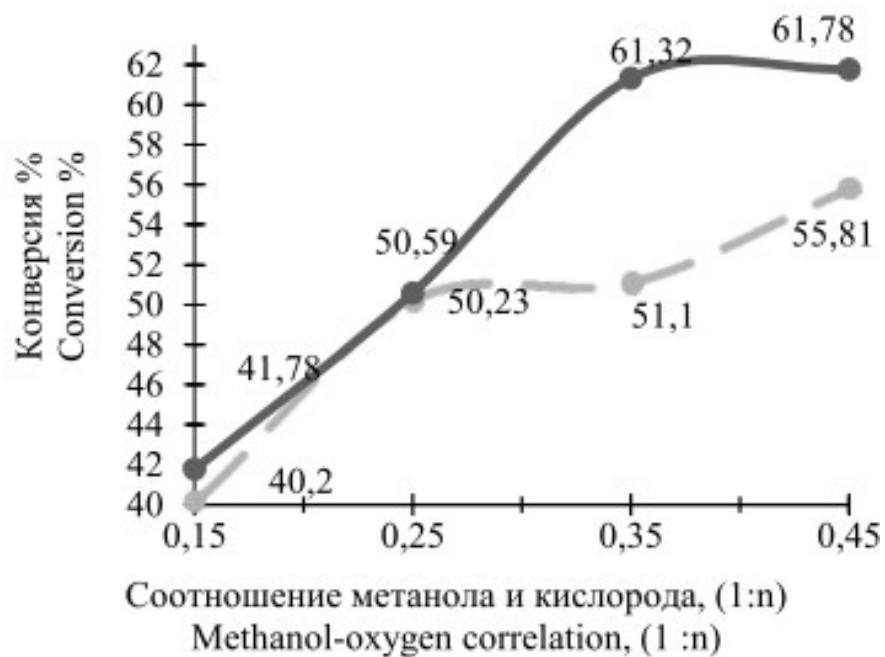


Рис. 1.8. Залежність конверсії метанолу від мольної співвідношення подачі вихідної сировини при $t = 300 \text{ }^\circ\text{C}$; - каталізатор промисловий, - - каталізатор дослідний

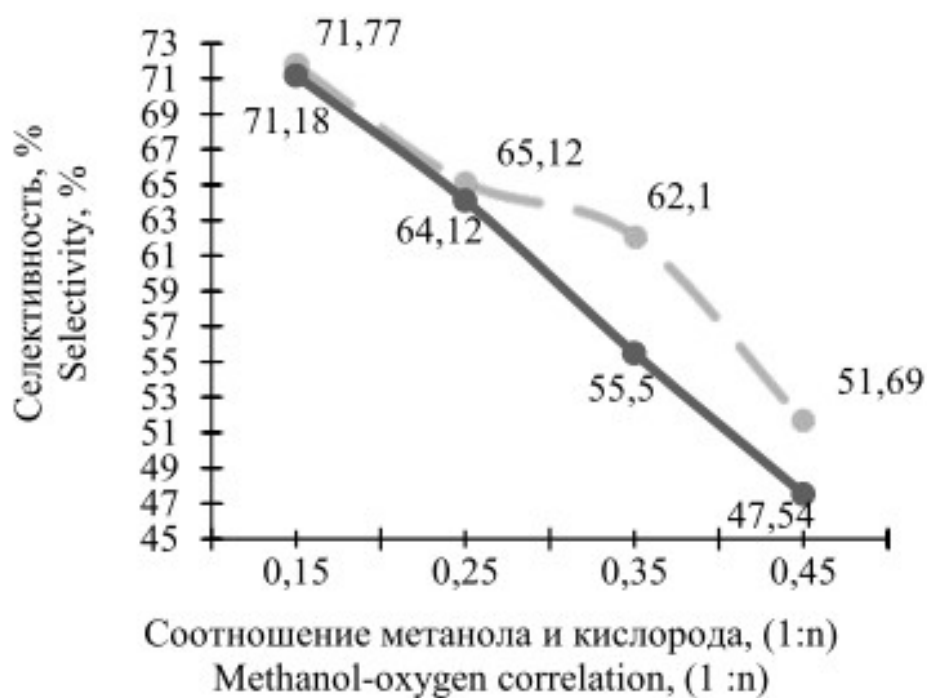


Рис. 1.9. Залежність селективності від мольної співвідношення подачі вихідної сировини при $t = 300^\circ\text{C}$; - каталізатор промисловий, - - дослідний

Зі збільшенням кількості подаваного кисню конверсія метанолу зростає, а селективність знижується при використанні промишленого і досвідченого каталізаторів. Це говорить про збільшення побічних реакцій.

Висновки щодо доцільності впровадження нових каталітичних систем на основі срібла в виробництво формальдегіду

Аналіз результатів досліджень в доступній літературі показав ефективність впровадження нових каталітичних систем. Процес отримання формальдегіду окисленням метанолу киснем повітря із застосуванням промислового (срібло на пемзі) і дослідного (суміщений «Срібло на пемзі» і «чисте срібло» 5: 1 об. частки) каталізаторів при різних температурах, за допомогою методу визначення альдегідних угруповань вивчена залежність конверсій від кількості подаваного окислювача при фіксованій температурі.

Використання дослідного каталізатора при температурі 300°C і при мольному $O_2: CH_3OH = 0,15: 1$ дає кращі результати хіміко-технологічні показників процесу, ніж при використанні при тих же умовах промислового каталізатора. Результати показали можливість практичного застосування суміщеного каталізатора «срібло на пемзі» і «чисте срібло».

Хіміко-технологічно показники процесу з використанням досвідченого каталізатора трохи нижче виробничих показників, однак, температура досвідченого процесу в 2 рази нижче - це дозволить не тільки скоротити енергетичні витрати, а й збільшити термін служби каталізатора і витрати на його регенерацію. Також при менших температурах процесу в атмосферу виділяються набагато менше шкідливих речовин, тобто процес окисного дегідрування метанолу стає екологічним.

Рекомендується використання даних каталітичних систем в технологічних схемах, подібних до виробництва формальдегіду, що діяло на ПрАТ «Севєродонецьке об'єднання Азот».

					РМ 22.01. ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1. Характеристика сировини, допоміжних матеріалів і готової продукції

Дані наведені в таблицях 2.1 та 2.2. Характеристики сировини, матеріалів та напівпродуктів визначені на основі даних виробництва метанолу на ПрАТ «Сесеродонецьке об'єднання Азот» згідно технологічного регламенту 2009 року.

Таблиця 2.1 Основні властивості та константи формальдегіда і розчинів формаліну

Назва		Значення	Джерело інформації
1	2	3	
1	Відносна молекулярна маса	30,2	Б.Г. Накрохин, В.Б. Накрохин «Технология производства формалина из метанола», Новосибирск, 1995г.
2	Хімічна формула	CH ₂ O	-
3	Структурна формула	$\begin{array}{c} \text{H} - \text{C} \begin{array}{l} \nearrow \text{O} \\ \searrow \text{H} \end{array} \end{array}$	-
4	Теплота розчинення формальдегіду в воді, кДж/моль (ккал/моль)	62 (15)	-
5	В'язкість 37% формаліну з вмістом метанолу 8% при 25°C, Па.с	2,56 x 10 ³	С.К. Огородников, «Формальдегид», Ленинград, «Химия», 1984г.
6	Помий електричний спротив формаліну з 8-10% метанолу, при 30°C, Ом	от 35000 до 37000	-
7	Щільність 37% розчину формаліну, г/см ³	1,101	Дж.Ф. Уокер «Формальдегид», Москва, Госхимиздат, 1957г.
8	Температура кипіння, °C	«плюс» 99	-
9	Температура замерзання 25% розчину формаліну, °C	«мінус» 15,45	-
10	Теплота пароутворення при 18°C, кЖд/моль, (ккал/моль)	117 (28)	-
11	Коефіцієнт об'ємного розширення в інтервалі температур 10-44 °C	0,0057	-

РМ 22.01. ПЗ

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Харченко А.А.			Технологічна частина	Літ.	Аркуш	Аркушів
Перев.		Целищев О.Б.						
Консульт.								
Н. Контр.								
Затв.		Суворін О.В.						
						СНУ ім. В.Даля гр. ТОР-19дм		

Таблиця 2.2. фізико-хімічні властивості готової продукції відповідно до ГОСТ 1625-89

Назва властивості (константи) і одиниця виміру		Значення фізичної величини з граничними відхиленнями		Джерело інформації
		Вищий сорт	1-й сорт	
1		2		3
1	Зовнішній вигляд	Безбарвна прозора рідина. При зберіганні допускається утворення мути або білого осаду, розчинного при температурі вище 40°C		ГОСТ 1625-89
2	Масова частка формальдегіду, %	37,2 ± 0,3	37,0 ± 0,5	ГОСТ 1625-89
3	Масова частка метанолу, %	от 4 до 8	от 4 до 8	ГОСТ 1625-89
4	Масова частка кислот в перерахунку на мурашину, %, не більше	0,02	0,04	ГОСТ 1625-89
5	Масова частка заліза, %, не більше	0,0001	0,0005	ГОСТ 1625-89
6	Масова частка залишку після прожарювання, %, не більше	0,008	0,008	ГОСТ 1625-89

Таблиця 2.3. Характеристика вихідної сировини, матеріалів та напівпродуктів

Найменування і хімічна формула (для хімічних речовин) сировини, матеріалів, напівпродуктів		Позначення і (або) назва нормативного документа, яким повинні відповідати сировину, матеріали, напівпродукти	Показники обов'язкові для перевірки (назва та одиниця виміру)	Норми показників, які регламентуються з допустимими відхиленнями
1	2	3	4	
1	Метанол технічний, (CH ₃ OH)	ДСТУ 3057-95 (ГОСТ 2222-95)	Щільність при 20°C, г/см ³	0,791-0,792
			Випробування з перманганатом калію, хв., Не менше	60
	або метанол-сирець очищений (МСО), (CH ₃ OH)	Регламент виробництва метанолу-ректифікату	Масова доля води, %, не більше	1,0
			Випробування з перманганатом калію, хв., Не менше	30

												Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	РМ 22.01. ПЗ							

Продовження таблиці 2.3

	1	2	3	4
2	Конденсат паровий, (H ₂ O)	СТП 052-2006	Масова концентрація іонів амонію, мг/дм ³ , не більше	2,0
			Масова концентрація хлорид іонів, мг/дм ³ , не більше	2,0
			Масова концентрація еквівалентів жорсткості, мк.моль/дм ³ , не більше	15,0
			рН середовища	от 7,0 до 9,2
	Або глибоко обезсолена вода, (H ₂ O)	Регламент цеху хімічної підготовки води	рН середовища	от 5,6 до 7,0
	або надсмольна вода, (H ₂ O; CH ₂ O; CH ₃ OH)	Регламент цеху похідних вінілацетату і формаліну	Масова частка формальдегіду,%, не більше	15
			Масова частка метанолу,%	Не нормується
рН середовища, не менше	7			
3	каталізатор «Срібло на пемзі» (Планується заміна на новий зразок згідно нового технічного рішення»	Регламент виробництва каталізатора «Срібло на пемзі»	Масова частка металевого срібла, %	от 35 до 40 (свіжий)
				от 35 до 40 (регенерований)
4	Пар, Рнадл. 0,55 МПа (5,5 кг/см ²)	Регламент цеху парових і загальних комунікацій	Тиск, МПа (кгс/см ²), не менше	0,3 (3,0)
	Пар, Рнадл. 1,6 МПа (16кг/см ²)	Регламент цеху парових і загальних комунікацій	Тиск, МПа (кгс/см ²), не менше	1,2 (12)
5	Вода оборотного циклу №4	Регламент цеха оборотного водопостачання	Тиск МПа (кгс/см ²), не менше	0,25 (2,5)
			Температура, °С, не більше	28

				<i>РМ 22.01. ПЗ</i>		<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Продовження таблиці 2.3

	1	2	3	4
6	Азот газоподібний чистий компримований до 0,5 МПа (5 кг/см ²)	Регламент цеху розділення повітря	Тиск, МПа (кгс/см ²), не менше	0,3 (3,0)
			Об'ємна частка кисню,%, не більше	2
7	Повітря технологічне	Регламент цеху парових і загальних комунікацій	Тиск, МПа (кгс/см ²)	от 0,3 до 0,5 (от 3 до 5)
8	Повітря КП	Регламент цеху парових і загальних комунікацій	Тиск, МПа (кгс/см ²),	от 0,29 до 0,31 (от 2,9 до 3,1)
9	Розсол	Регламент цеха вінілацетату	Давление, МПа (кгс/см ²), не менше	0,12 (1,2)
			Температура, °С	от «мінус» 10 до «мінус» 16
10	Природний газ	Регламент цеху парових і загальних комунікацій	Тиск, МПа (кгс/см ²),	не менше 0,3 (не менше 3)

2.2. Опис технологічної схеми

Технологічну схему розроблено за аналогією із технологією виробництва формальдегіду на ПрАТ «Сєверодонецьке об'єднання Азот».

Метанол з лінії нагнітання насосів безперервно подається по трубопроводу в спиртовипарувач ІІІ з об'ємною витратою згідно матеріального балансу. В трубопровід подачі метанолу подається паровий конденсат з об'ємною витратою згідно матеріального балансу. Масова доля метанолу в метанол-водній суміші, що надходить в спиртовипарувач, підтримується автоматично в межах від 60 до 80% і регулюється подачею конденсату в спиртовипарувач. Спиртовипарувач є вертикальний циліндричний апарат з гріючою камерою, каплевідбійником і барботером.

Температура рідкої фази в спиртовипарувачі підтримується в межах від 72 до 82 ° С шляхом безперервної подачі циркуляційного конденсату в гріючу

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

РМ 22.01. ПЗ

камеру спиртовипаровувача і залежить від температури циркуляційного конденсату, яка повинна бути від 74 до 95 °С.

Циркуляційний конденсат, безперервно циркулюючи по схемі: теплообмінник спиртовипаровувача - насос циркуляційного конденсату Н1 - подконтактний холодильник - теплообмінник циркуляційного конденсату АТ6 - теплообмінник спиртовипаровувача, здійснює охолодження реакційних газів і нагріває рідку фазу в спиртовипаровувачі до заданих температур.

Температура циркуляційного конденсату регулюється шляхом зміни кількості конденсату, що подається в теплообмінник і в байпас теплообмінника циркуляційного конденсату. Так як кількість теплоти, що віддається реакційними газами, більше необхідного для підтримки робочого значення температури рідкої фази в спиртовипаровувачі, то надлишок тепла знижується зворотному водою, яка подається в теплообмінник циркуляційного конденсату.

Повітря з напірного колектора надходить в спиртовипаровувач ІІІ. Тиск повітря в напірному колекторі підтримується не більше 0,063 МПа. Об'ємна витрата повітря в спиртовипаровувачі підтримується в межах згідно матеріальних розрахунків. Барботуючи в спиртовипаровувачі через метанольно-водну суміш, повітря насичується парами метанолу та води. Отримана парогазова суміш надходить в перегрівник АТ 1, де нагрівається паром для попередження конденсації з неї рідини до температури не менше 100°С.

Після перегрівача парогазова суміш через вогнеперепинювач ОП, призначений для запобігання проскакування полум'я з контактного апарату в спиртовипаровувач при аварійній ситуації, надходить в контактний апарат РТ.

Контактний апарат являє собою вертикальний циліндричний апарат, змонтований на подконтактном холодильнику. На трубну дошку подконтактного холодильника укладається мідна (або нержавіюча) сітка, потім мідна перфорована решітка і мідна (або нержавіюча) сітка. На сітку засипається каталізатор «срібло на пемзі» (свіжий, регенований або пошарово свіжий + регенований або комбінований після впровадження нового рішення). Висота шару

					РМ 22.01. ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

каталізатора 76 мм, термін служби - не менше 120 діб. На верхній шар каталізатора укладається мідна (або нержавіюча) сітка.

Для рівномірного розподілу парогазової суміші на поверхні каталізатора її введення в контактний апарат виробляється по конусоподібних ковпаках. Температура в зоні реакції підтримується в межах від 650 до 750 ° С.

На виході із зони контакту реакційні газу різко охолоджуються в подконтактному холодильнику до температури не більше 120°C і надходять в нижню частину поглинальної колони КЛ.

Проходячи від низу до верху по колоні, газу контактують з рідиною, що рухається протитечією. При цьому формальдегід і метанол поглинаються рідиною, а не поглинуті газу з верхньої частини колони КЛ направляються на додаткове поглинання в скруббер АР системи уловлювання.

При поглинанні формальдегіду і метанолу водою і при їх конденсації виділяється велика кількість тепла. Для відводу тепла передбачена примусова циркуляція охолодження формаліну в виносних холодильниках з подальшою його подачею в колону.

Поглинювальна колона формаліну КЛ є циліндричний вертикальний зварений апарат з нержавіючої сталі. Примусова циркуляція формаліну по колоні здійснюється наступним чином:

формалін з кубової частини колони поглинання формаліну надходить на всмоктування насосів Н2. З лінії нагнітання насосів формалін подається в холодильник АТ2, де охолоджується зворотному водою.

Охолоджений формалін подається на 21-ю тарілку, а надлишок в якості готово-го продукту спрямовується на склад.

формалін з середньої (другий) глухий тарілки надходить на всмоктування насосів Н3, прокачується через холодильник АТ3, де охолоджується зворотному водою і подається на 30-ю тарілку колони.

					РМ 22.01. ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

□ формалін з верхньої (третьої) глухий тарілки надходить на всмоктування насосів Н4, потім прокачується через холодильник АТ4, де охолоджується зворотною водою і подається на 37-ю тарілку колони.

Надлишок рідини з кожної глухий тарілки через переливні пороги по зовнішнім переливам самопливом перетікає на нижчу ковпачкову тарілку. Рідина, перетікаючи з тарілки на тарілку і насичуючись формальдегідом і метанолом, потрапляє в кубову частину поглинальної колони. Рівень в кубі колони підтримується шляхом відкачування частини формаліну на склад готової продукції. Температура в кубі колони повинна бути від 60 до 90 °С.

У верхню частину колони виробляється подача охолодженої рідини системи уловлювання або охолодженого парового конденсату з об'ємною витратою згідно матеріального балансу в залежності від концентрації формаліну в кубової частини колони.

Перехід газу з однієї частини колони в іншу здійснюється за зовнішнім газовим трубопроводом, розташованому в глухих тарілках.

Скруббер АР являє собою вертикальний циліндричний апарат з десятьма ковпачковими тарілками по висоті. Уловлювання метанолу та формальдегіду з газу в скруббері здійснюється рідиною, що циркулює по схемі: збірник Е - холодильник АТ5 -насос Н5 - скруббер.

З нижньої частини скруббера АР рідина зливається в збірник Е. Рідина зі збірки Е подається на холодильник АТ5, де охолоджується зворотною водою, і далі надходить на всмоктування насосів Н5.

З лінії нагнітання насосів рідина подається на зрошення скруббера АР з об'ємною згідно матеріального балансу, а також на зрошення поглинальної колони КЛ.

Гази з температурою не більше 40 ° С надходять в циклон ВД, де відокремлюється крапельна волога, що міститься в газах. Гази після циклону ВД скидаються в атмосферу або подаються на утилізацію.

					<i>РМ 22.01. ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

2.3 Розрахункова частина

Конверсія метанолу протікає в адіабатичному режимі (без охолодження каталізатора). Формальдегід утворюється за двома основними реакцій - окислення і дегідрування метанолу:

$\text{CH}_3\text{OH} + 0,5\text{O}_2$	\rightarrow	$\text{CH}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O}$	+ 159,1	кДж/моль	(2.1)
CH_3OH	\rightarrow	$\text{CH}_2\text{O} + \text{H}_2$	- 83,7	кДж/моль	(2.2)

Одночасно з основними реакціями протікають і побічні:

$\text{H}_2 + 0,5\text{O}_2$	\rightarrow	H_2O	+ 242,8	кДж/моль	(2.3)
$\text{CH}_3\text{OH} + \text{O}_2$	\rightarrow	$\text{HCOOH} + \text{H}_2\text{O}$	+ 406,1	кДж/моль	(2.4)
$\text{CH}_3\text{OH} + 1,5\text{O}_2$	\rightarrow	$\text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$	+ 682,5	кДж/моль	(2.5)
$\text{CH}_3\text{OH} + \text{H}_2$	\rightarrow	$\text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O}$	- 163,0	кДж/моль	(2.6)
$\text{CH}_2\text{O} + 0,5\text{O}_2$	\rightarrow	HCOOH	+ 260,6	кДж/моль	(2.7)
$\text{CH}_2\text{O} + \text{O}_2$	\rightarrow	$\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$	+ 519,2	кДж/моль	(2.8)
$\text{CH}_2\text{O} + 0,5\text{O}_2$	\rightarrow	$\text{CO} + \text{H}_2\text{O}$	+ 230,3	кДж/моль	(2.9)

2. 3.1 Матеріальні розрахунки стадій виробництва формальдегіду

2. 3.1.1 Матеріальний розрахунок окислювального дегідрування метанолу у формальдегід

Вихідні дані:

- річна продуктивність агрегату по формаліну 45000 т;
- річний фонд робочого часу 8400 год;
- масова частка формальдегіду в товарному формаліні 0,370;

					РМ 22.01. ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- масова частка формальдегіду у формаліні-сирці 0,290;
- втрати формаліну на всіх стадіях виробництва 3 %;
- параметри подаваного повітря: температура 25 °С, тиск 0,17 МПа;
- ступінь конверсії метанолу 0,604;
- частка перетвореного метанолу, що витрачається за реакцією(2.2) - 0,3, за реакцією(2.1) - 0,605, за реакцією (2.8) – 0,075, за реакцією(2.9) - 0,02;
- масова частка води в технічному метанолі 0,1;

Визначаєм загальну витрату метанолу на процес. Розраховуєм витрату повітря на отримання формальдегіда, склад у ньому водної пари.

Годинна продуктивність агрегату по формальдегіду:

$$P = \frac{45000 \cdot 1000}{8400} \cdot 0,37 = 1894,048 \text{ кг/год}. \text{ Або } 1894,048/30 = 63,135 \text{ кмоль/год}$$

З урахуванням втрат необхідно одержати в контактному апараті формальдегіду:

$$F_{CH_2O} = 63,13 \cdot 1,03 = 65,029 \text{ кмоль/год або } 1950,87 \text{ кг/год}.$$

Витрата метанолу за основними реакціями:

$$G_{CH_3OH} = 65,03 \text{ кмоль/год або } 65,03 \cdot 32 = 2080,93 \text{ кг/год}$$

Витрата метанолу за побічними реакціями 3-6:

$$G_{CH_3OH} = 2080,93 \cdot 32 \cdot \frac{1}{0,605 + 0,3} = 2299,37 \text{ кг/год},$$

Де 0,605 та 0,3 – частка метанолу, перетвореного у формальдегід за основними реакціями.

$$F_{CH_3OH} = \frac{2299,37}{32} = 71,86 \text{ кмоль/год},$$

Кількість метанолу з урахуванням ступені конверсії:

$$F_{CH_3OH} = \frac{71,86}{0,604} = 118,88 \text{ кмоль/год або } 3804,17 \text{ кг/год},$$

					РМ 22.01. ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Кількість води у технічному метанолі:

$$G_{H_2O, техн} = \frac{3804,17 * 0,1}{99,9} = 0,3808 \text{ кг/год або } 0,0212 \text{ кмоль/год}.$$

Залишок метанолу у контактному газі:

$$118,88 - 71,86 = 47,02 \text{ кмоль/год або } 1504,85 \text{ кг/год}$$

За реакцією 2.2 витрачається метанолу:

$$71,86 * 0,3 = 21,56 \text{ кмоль/год або } 689,81 \text{ кг/год}.$$

Утворюється:

$$\text{Формальдегіда: } 21,56 * 30 = 646,697 \text{ кг/год або } 21,56 \text{ кмоль/год}.$$

$$\text{Водня: } 21,56 \text{ кмоль/год або } 21,56 * 2 = 43,11 \text{ кг/год}.$$

За реакцією 2.1 витрачається:

$$\text{Метанола: } 71,86 * 0,605 = 43,472 \text{ кмоль/год або } 43,472 * 32 = 1391,12 \text{ кг/год}.$$

$$\text{Кисня: } 43,472 * 0,5 = 21,736 \text{ кмоль/год або } 21,736 * 32 = 695,59 \text{ кг/год}.$$

Утворюється:

$$\text{Формальдегіда: } 43,472 \text{ кмоль/год або } 1304,2 \text{ кг/год}.$$

$$\text{Водяної пари: } 43,472 \text{ кмоль/год або } 43,472 * 18 = 782,5 \text{ кг/год}.$$

За реакцією 2.8 витрачається:

$$\text{Метанола: } 71,86 * 0,075 = 5,389 \text{ кмоль/год або } 5,389 * 32 = 172,453 \text{ кг/год}.$$

$$\text{Кисня: } 5,389 * 1,5 = 8,084 \text{ кмоль/год або } 8,084 * 16 * 2 = 259 \text{ кг/год}.$$

Утворюється:

$$\text{Діокису вуглецю: } 5,389 \text{ кмоль/год або } 237,1 \text{ кг/год}.$$

$$\text{Водяної пари: } 5,389 * 2 = 1078 \text{ кмоль/год або } 1078 * 18 = 194,01 \text{ кг/год}.$$

За реакцією 2.9 витрачається:

$$\text{Метанола: } 71,86 * 0,02 = 1,437 \text{ кмоль/год або } 1,437 * 32 = 45,99 \text{ кг/год}.$$

Утворюється:

					РМ 22.01. ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Окису вуглецю: $1,437 \text{ кмоль/год}$ або $1,437 * 28 = 40,24 \text{ кг/год}$.

Водня: $1,437 * 2 = 2,874 \text{ кмоль/год}$ або $2,874 * 2 = 5,75 \text{ кг/год}$.

Всього утворюється:

Водня: $21,56 + 2,874 = 24,431 \text{ кмоль/год}$ або $24,431 * 2 = 48,86 \text{ кг/год}$.

Водяної пари: $43,472 + 10,78 = 54,25 \text{ кмоль/год}$ або $54,25 * 18 = 976,51 \text{ кг/год}$.

Загальна витрата кисня:

$21,736 + 8,084 = 29,820 \text{ кмоль/год}$ або $29,820 * 32 = 954,24 \text{ кг/год}$

Молярне співвідношення O₂: CН ЗОН дорівнює:

$$\frac{29,820}{118,88} = 0,251 .$$

Кількість сухого повітря :

$$F_{\text{возд}} = \frac{29,820}{0,21} = 141,9996 \text{ кмоль/год},$$

Де 0,21 - об'ємна частка кисня у сухому повітрі.

Кількість азота у повітрі:

$$F_N = 141,9996 - 29,820 = 112,18 \text{ кмоль/год}$$
 або $112,18 * 14 * 2 = 3141,03 \text{ кмоль/год}$,

Об'ємна частка водяної пари у повітрі:

$$\frac{3230 * 100}{0,17 * 10^6} = 1,90 \text{ \%},$$

Де 3230- парціальний тиск водяних парів у повітрі при T 25°, Па.

$0,17 * 10^6$ – загальний тиск повітря, Па.

Кількість водяної пари у повітрі:

$$\frac{141,9996 * 1,9}{100,00 - 1,9} = 2,75 \text{ кмоль/год}$$
 або $2,75 * 18 = 49,50 \text{ кг/год}$.

Сумарна кількість водяних парів:

У спиртоповітряній суміші:

$$2,75 + 0,201 = 2,77 \text{ кмоль/год}$$
 або $2,77 * 18 = 49,89 \text{ кг/год}$.

					РМ 22.01. ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У контактному газі:

$$2,77 + 47,03 = 49,80 \text{ кмоль/год} \text{ або } 49,8 * 18 = 896,34 \text{ кг/год}.$$

Складаємо таблицю матеріального балансу.

Таблиця 2.4 – Матеріальний баланс стадії синтезу формальдегіду

Прихід			Витрата		
компоненти	кг/год	кмоль/г	компоненти	кг/г	кмоль/г
1. Метанол технічний			Формальдегідний газ		
CH ₃ OH	3804,17	118,88	CH ₂ O	2080,93	65,029
H ₂ O	49,89	2,77	CH ₃ OH	1504,8	47,03
O ₂	954,24	29,82	CO	40,24	1,44
N ₂	3141,03	112,18	CO ₂	237,12	5,39
			N ₂	3141,03	112,18
			H ₂	48,86	24,43
			H ₂ O	896,34	49,80
Разом	7949,32	263,651	Разом	7949,32	305,287

2.3.1.2 Розрахунок основних видаткових коефіцієнтів на одиницю продукції, що випускається

Видатковий коефіцієнт по метанолу становить:

$$k_{\text{CH}_3\text{OH}} = \frac{71,86 * 32}{5119,05 * 0,999} = 0,45 \text{ кг/кг},$$

де 71,86 – витрата метанолу за реакціями 3-6, кмоль/год,

5119,05- годинна продуктивність агрегату за формаліном, кг,

0,999- масова частка метанолу в технічному метанолі.

Видатковий коефіцієнт по повітрю:

					РМ 22.01. ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\kappa = \frac{7949,32 - 3804,17}{1894,05} = 2,189 \text{ кж/кж} \text{ або } 2,189 / 1,29 = 1,697 \text{ м}^3/\text{м};$$

де 1,29-густина повітря при нормальних умовах, $\text{кж}/\text{м}^3$.

Видатковий коефіцієнт по воді:

$$\kappa_{\text{вода}} = \frac{2405}{5119,05} = 0,47 \text{ кж/кж},$$

де 2405- витрата води на зрошення, $\text{кг}/\text{г}$.

2. 3.2 Теплоенергетичні розрахунки основних технологічних стадій процесу

Вихідні дані:

- витрата парогазової суміші на вході в контактний апарат 263,651 $\text{кмоль}/\text{г}$;
- температура парогазової суміші на вході у контактний апарат 100–120°C;
- витрата формальдегідного газу 305,287 $\text{кмоль}/\text{г}$;
- температура формальдегідного газу на виході з апарата 700 – 750 °С.

Загальне рівняння теплового балансу безперервного процесу має такий вигляд:

$$Q_1 + Q_2 + Q_3 = Q_4 + Q_5 + Q_6 + Q_7, \quad (2.1)$$

де Q_1 – тепловий потік вступник сировини;

Q_2 – тепловий ефект екзотермічних реакцій і фазових переходів;

Q_3 – тепловий потік, що надходить в апарат з теплоносієм;

Q_4 – фізична теплота продуктів реакцій;

Q_5 – тепловий ефект ендотермічних реакцій і фазових переходів;

Q_6 – теплота, що відводиться від апарата холодоагентом;

Q_7 – теплові втрати поверхнею апарата.

$$Q_{1,4} = \sum Z_{\mu,i} \cdot F_i \cdot t, \quad (2.2)$$

де $Z_{\mu,i}$ – молярна теплоємність, $\frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$;

F_i – молярний потік, $\text{кмоль}/\text{з}$;

t – температура речовин, °С.

					РМ 22.01. ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\Delta H^{\circ}_{973} = \Delta H^{\circ}_{298} + \Delta C_p,_{298-T} \cdot (T - 298), \quad (2.3)$$

$$Q_{2,5} = \sum \Delta H^{\circ}_{973} \cdot \nu_i \quad (2.4)$$

де ν_i – стехіометричний коефіцієнт;

ΔH_i – ентальпія утворення, $\frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$;

T – термодинамічна температура реакції, K .

Приймаємо $Q_{3,6} = 0$, тому що апарат є адіабатичним.

Втрати тепла Q_7 приймаємо 3 % від приходу тепла ($Q_1 + Q_2$).

З довідника [5] визначаємо коефіцієнти a , b , z і c' , на підставі яких визначаємо теплоємності за рівняннями:

- для неорганічних речовин $C_p = a + b \cdot T + \frac{c'}{T^2} \quad (2.5)$

- для органічних речовин $C_p = a + b \cdot T + c \cdot T^2 \quad (6.6)$

Таблиця 2.5 – Значення коефіцієнтів a , b , z , c' і теплоємностей продуктів і реагентів

		O ₂	CO	H ₂ O	H ₂	CO ₂	N ₂	CH ₂ O _(г)	CH ₃ OH _(г)
	a	31,46	28,41	30	27,28	44,14	27,87	18,82	15,28
	$b \cdot 10^3$	3,39	4,1	10,71	3,26	9,04	4,27	58,38	105,2
	$c \cdot 10^6$	0	0	0	0	0	0	-15,61	-31,04
T, K	$c' \cdot 10^{-5}$	3,77	-0,46	0,33	0,5	-8,54	0	0	0
110+273	$C_{p, T, K}$	35,33	29,67	34,33	28,87	41,78	29,51	38,89	51,02
700+273	$C_{p, T, K}$	35,16	32,35	40,46	30,50	52,03	32,02	60,85	88,25

Таким чином, тепло принесене з реагентами буде:

$$Q_1 = \frac{110}{3600} \cdot [51,02 \cdot 118,88 + 34,33 \cdot (2,771 + 90,67) + 35,33 \cdot 29,82 + 29,51 \cdot 112,18] = 416,688 \text{ кВт.}$$

					РМ 22.01. ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

На підставі довідкових даних ентальпії утворення і середньої теплоємності визначаємо теплоти реакцій:

Таблиця 2.6 – Визначення теплоти реакції

	CH ₃ OH _(г)	= CH ₂ O _(г)	+ H ₂	□
	1	1	1	1
$\Delta H_{f,298}^0, \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$	-201,2	-115,9	0	85,3
$C_p_{298-1000 \text{ К}}$	69,22	49,5	28,77	9,05

$$\Delta H_{973}^0 = 85,3 + 9,05 * (973 - 298) \frac{1}{1000} = 91,41 \text{ кДж/моль} \cdot$$

Таблиця 2.7 – Визначення теплоти реакції

	CH ₃ OH _(г)	+ 0,5O ₂	= CH ₂ O _(г)	+ H ₂ O	□
	1	0,5	1	1	0,5
$\Delta H_{f,298}^0, \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$	-201,2	0	-115,9	241,81	156,51
$C_p_{298-1000 \text{ К}}$	69,22	32,43	49,5	37,07	1,135

$$\Delta H_{973}^0 = -156,51 + 1,135 * (973 - 298) \frac{1}{1000} = -155,74 \text{ кДж/моль} \cdot$$

Таблиця 2.8 – Визначення теплоти реакції

	CH ₃ OH _(г)	+ 1,5O ₂	= CO ₂	+ 2H ₂ O	□
	1	1,5	1	2	0,5
$\Delta H_{f,298}^0, \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$	-201,2	0	-393,51	-241,81	- 675,93
$C_p_{298-1000 \text{ К}}$	69,22	32,43	47,15	37,07	3,425

$$\Delta H_{973}^{\circ} = -675,93 + 3,425 \cdot (973 - 298) \frac{1}{1000} = -673,62 \text{ кДж/моль}.$$

Таблиця 2.9 – Визначення теплоти реакції

	CH ₃ OH _(г)	= CO	+ 2H ₂	□
	1	1	2	2
$\Delta H_{f, 298}^{\circ} \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$	-201,2	-110,53	0	90,67
$C_p \text{ 298-1000 K}$	69,22	30,92	28,77	19,24

$$\Delta H_{973}^{\circ} = 90,67 + 19,24 \cdot (973 - 298) \frac{1}{1000} = 103,66 \text{ кДж/моль}.$$

Таким чином, теплота реакції

$$\begin{aligned} \text{буде } Q_2 &= \frac{1000}{3600} 118,88 \cdot 0,604 \cdot [0,22 \cdot 91,41 + 0,68(-137,6094) + 0,08(-673,62) + 0,02 \cdot 103,66] = \\ &= 2744,678 \text{ кВт}. \end{aligned}$$

Разом з реагентами з реактора вийде тепла:

$$\begin{aligned} Q_4 &= \frac{t_x}{3600} [60,85 \cdot 65,029 + 88,25 \cdot 47,025 + 32,35 \cdot 1,437 + 52,03 \cdot 5,389 + \\ &+ 32,02 \cdot 112,180 + 30,50 \cdot 24,431 + 40,46 \cdot 49,797] = 4,107 \cdot t_x \text{ кВт}. \end{aligned}$$

Прихід тепла:

$$Q_1 + Q_2 = 416,688 + 2744,678 = 3161,366 \text{ кВт}.$$

Втрати тепла в навколишнє середовище складуть:

$$Q_7 = 0,03 \cdot 3161,366 = 94,841 \text{ кВт}.$$

Витрата тепла:

$$Q_4 + Q_7 = 4,11 \cdot t_x + 94,841.$$

Звідки температура формальдегідного газу на виході з реактора складе:

$$t_x = \frac{3161,366 - 94,841}{4,107} = 747 \text{ }^{\circ}\text{C},$$

що відповідає прийнятому інтервалу температур.

					РМ 22.01. ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.3.3. Технологічний розрахунок основного устаткування

2.3.3.1 Технологічний розрахунок контактного апарата

Реактор (контактний апарат) призначений для окисного дегідрування метанолу у формальдегід у газовій фазі на срібляному каталізаторі. Для розрахунку обраний вертикальний циліндричний апарат з конусоподібним ковпаком, змонтований безпосередньо над верхньою трубною дошкою підконтактного холодильника. На трубну дошку укладаються перфоровані трубні ґрати із двома нержавіючими або мідними сітками, на який засипається шар каталізатора.

Розігрів каталізатора проводять трьома ніхромовими електроспіралями ($d = 0,4$ мм, $U = 220$ У).

Технічна характеристика контактного апарата:

Продуктивність по формаліну	22176
т/рік (апарат №5 за даними технологічного регламенту)	
Діаметр внутрішній, мм	1400
Висота шару каталізатора, мм	127

Апарат має штуцер входу спиртоповітряної суміші $D_y = 350$, $p_y = 0,6$.

Необхідне кількість реакторів:

$$n = \frac{43000}{22176} = 1.94 \approx 2,0.$$

Таким чином, для забезпечення заданої продуктивності необхідно встановити два апарата.

2.3.3.2 Розрахунок реактора

Об'ємна витрата спиртоповітряної суміші:

$$V_{штс} = 263,651 * 22,4 = 5905,7824 \text{ м}^3/\text{год}.$$

					РМ 22.01. ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При об'ємній швидкості $V_{об} = 30000 \text{ год}^{-1}$ необхідний обсяг каталізатора дорівнює:

$$V_{kat} = \frac{V_{шгс}}{V_{об}} = \frac{5905,7824}{30000} = 0,197 \text{ м}^3.$$

У прийнятому стандартному апарату обсяг каталізатора дорівнює:

$$V_{kat,cm} = 0,785 * 2^2 * 0,127 = 0,399 \text{ м}^3,$$

отже, запас продуктивності по каталізаторі становить:

$$\left(1 - \frac{0,197}{0,399}\right) * 100 = 50,63\%.$$

Об'ємна витрата формальдегідного газу при температурі 973 К и тиску 0,06 МПа складе:

$$V_{фг} = 305,287 * 22,4 * \frac{101325}{0,17 * 10^6} * \frac{973}{273} = 14526,91 \text{ м}^3/\text{ч} = 4,04 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Лінійна швидкість газу в перетині апарата:

$$\omega = \frac{V_{фг}}{S} = \frac{4,04}{0,785 * 2^2} = 1,29 \text{ м/с},$$

що відповідає оптимальному технологічному режиму [8].

2.3.3.3 Технологічний розрахунок спиртовипарювача

Призначення, пристрій і основні розміри. Визначення кількості апаратів

Спиртовипарювач призначений для випару 60 - 70 %-ного метанолу й одержання метанольно-водно-повітряної суміші. Спиртовипарювач являє собою вертикальний сталевий циліндричний апарат із циркуляційною трубою трависною камерою, що гріє, виконаної у вигляді кожухотрубчатого теплообмінника.

Гріюча камера, являє собою пучок труб, верхні й нижні кінці яких завальцовані в трубні решітки, приварені до обечайки. Гріюча камера з'єднується з циркуляційною трубою перехідною (зверху) та нижньою камерою. Перехідна камера тангенціально з'єднана із барботером – циліндричною

					<i>РМ 22.01. ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

посудиною із конічним дном, який з'єднан з нижньою камерою циркуляційною трубою і має отвори діаметром 10 мм.. У верхній частині сепаратора розташован секційний об'ємно-сітчастий краплеотбійник.

Циркуляція розчину в апараті здійснюється за замкнутим контуром: барботер – циркуляційна труба – нижня камера – гріюча камера – перехідна камера – барботер.

Метанол, піднімаючись по трубах гріючої камери, нагрівається і закіпає. У перехідній камері парорідинна суміш насичується повітрям та направляється у барботер, де відбувається розподіл рідинної та парової фаз. Спиртоповітряна суміш, прходячи краплеотбійник, звільняється від крапель і виходить із апарата, а метанол повертається по циркуляційній трубі у гріючу камеру, де відбувається його випаровування.

Технічна характеристика спиртовипарювача:

Висота, мм	5120
Діаметр внутрішній, мм	2200
Число труб камери, що гріє (dтр = 21x22 мм)	3400
Довжина труби, мм	1000
Поверхня теплообміну, м ²	225

Апарат постачений штуцером введення метанольно-водної суміші $D_y = 450$, $p_y = 1$, штуцером входу повітря $D_y = 350$, $p_y = 1$, штуцерами входу й виходу конденсату $D_y = 100$, $p_y = 1$, штуцером виходу метанольно-водно-воздушної суміші $D_y = 350$, $p_y = 0,6$.

Приймаємо агрегатну схему компоновання встаткування, по якій на один контактний апарат доводиться один спиртовипарювач.

					РМ 22.01. ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Тепловий розрахунок

Вихідні дані:

теплоносій – циркуляційний конденсат, що утвориться при конденсації пари, отриманого при охолодженні контактного газу в підконтактному холодильнику, тиск у лінії нагнітання насоса 0,16 МПа, температура $75 \div 95 \text{ }^\circ\text{C}$;

температура метанольно-водної суміші й повітря, що надходить у спиртовипарювач $25 \text{ }^\circ\text{C}$;

температура метанольно-водно-воздушної суміші на виході зі спиртовипарювача

$70 \div 80 \text{ }^\circ\text{C}$, витрата – 3951,828 кг/г;

у спиртовипарювач подають 3804,17 кг/г технічного метанолу, 49,89 кг/г води, сухого повітря – 4095,27 кг/г.

Тепловий баланс спиртовипарювача в загальному виді описується рівнянням:

$$Q_1 + Q_2 + Q_3 = Q_4 + Q_5 + Q_{\text{пот}}, \quad (2.7)$$

де Q_1, Q_2, Q_3, Q_4 – теплові потоки метанольно-водної суміші, конденсату, повітря й метанольно-водно-воздушної суміші відповідно, кВт;

Q_5 – теплота, що витрачається на випар метанолу й води, кВт;

$Q_{\text{пот}}$ – втрати в навколишнє середовище, кВт.

Відомості про теплоємність компонентів метанольно-водно-повітряної суміші зведені в таблицю

Таблиця 2.10 – Теплоємність деяких речовин газоподібному стані

		O ₂	H ₂ O	N ₂	CH ₃ OH(г)
		31,46	30	27,87	15,28

	В*103	3,39	10,71	4,27	105,2
	с*106	0	0	0	-31,04
Т, К	с' *10-5	3,77	0,33	0	0
298	Ср Т, К	36,72	—	29,14	—
348	Ср Т, К	35,75	34,00	29,36	48,13

Таблиця 2.11– Деякі фізичні властивості метанолу й води

	H2O	CH3OH(г)
Теплоємність ІЗ, Дж/(моль·К)	75,366	81,60
Теплота пароутворення г, кДж/кг	2297,0	1050,1

Тепловий потік метанольно-водної суміші:

$$Q_1 = \left(\frac{3804.17}{32} * 81,60 + \frac{49.89}{18} * 75,366 \right) * \frac{25}{3600} = 68.37 \text{ кВт}$$

Тепловий потік повітря:

$$Q_3 = (29.82 * 36,72 + 112.18 * 29,14) * \frac{25}{3600} = 30.305 \text{ кВт}$$

Тепловий потік парогазової суміші:

$$Q_4 = (29.82 * 35,75 + 112.18 * 29,36 + (2.771 + 90.666) * 34,00 + 198,013 * 48,13) * \frac{85}{3600} = 209.119 \text{ кВт}.$$

Витрата тепла на випар води й метанолу:

$$Q_5 = (3804.172 * 1050,1 + (49.89 + 1631.988) * 2297,0) * \frac{1}{3600} = 2182.787 \text{ кВт}$$

Приймаємо Qпот = 1% витрати (приходу) тепла:

$$Q_{пот} = (209.119 + 2182.787) * 0,01 = 23.919 \text{ кВт}$$

Таким чином, кількість тепла, підводима з теплоносієм, буде:

$$Q_2 = 209.119 + 2182.787 + 23.919 - (30.305 + 68.37) = 2317.15 \text{ кВт}$$

Витрата теплоносія:

					РМ 22.01. ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$G_{\text{конд}} = \frac{2317.15}{75,366 * (85 - 80) * 0,9} = 6.832 \text{ кмоль/с} = 442713.6 \text{ кг/ч}$$

де 85 і 80 – початкова й кінцева температури теплоносія відповідно, °С;
0,9 - КПД теплообмінника.

Таблиця 2.12 – Тепловий баланс спиртовипарювача

Прихід	кВт	%	Витрата	кВт	%
Тепловий потік метанольно-водної суміші	68,37	2,83	Тепловий потік парогазової суміші	209,119	8,66
Тепловий потік теплоносія	2317,15	95,92	Тепловтрати на випар	2182,787	90,35
Тепловий потік повітря	30,305	1,25	Тепловтрати в навколишнє середовище	23,919	0,99
Разом	2415,825	100	Разом	2415,825	100

Розрахунок спиртовипарювача

Необхідну площу поверхні теплообміну визначають із рівняння теплопередачі [7, (4.72), с. 168]:

$$Q = K \cdot F \cdot \Delta t_{\text{ср}}, \quad (2.8)$$

де Q – тепловий потік через поверхню теплообміну, Вт;

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

$\Delta t_{\text{ср}}$ – середня різниця температур гарячого й холодного теплоносія, °С;

F – поверхня теплообміну, м².

Метанольно-водна суміш нагрівається від 25 до 75 °С, а теплоносії охолоджується з 85 до 80 °С:

85 °С → 80 °С

75 °С ← 25 °С

					РМ 22.01. ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\Delta t_6 = 80 - 25 = 55 \text{ }^\circ\text{C}, \quad \Delta t_m = 85 - 75 = 10 \text{ }^\circ\text{C}.$$

$$\Delta t_{cp} = \frac{55-10}{\ln \frac{55}{10}} = 26.4 \text{ }^\circ\text{C}$$

Коефіцієнт теплопередачі визначається за формулою:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum r_{cm} + \frac{1}{\alpha_2}}, \quad (2.9)$$

де α_1, α_2 – коефіцієнти тепловіддачі для гарячого й холодного теплоносія, Вт/(м²·ДО);

$\sum r_{cm}$ – сума термічних опорів всіх шарів, з яких складається стінка, (м²·К)/Вт.

Коефіцієнт теплопередачі від конденсату до стінки труби визначається по формулі:

$$\alpha_1 = Nu\lambda/d \quad (2.10)$$

Таблиця 2.13 – Деякі фізичні властивості метанолу, парового конденсату й метанольно-водної суміші

Речовина	t, °З	ρ, кг/м ³	μ·10 ⁶ , Па·с	ν·10 ⁶ , м ² /с	с, кДж/(кг·К)	λ·10 ² , Вт/(м·К)	β·10 ⁴ , К ⁻¹
Конденсат паровий	55	985,5	509,5	0,517	4,18	65,35	4,8
	82,5		365,5				
	85	970,25	344,5	0,345	4,19	67,75	6,64
Метанол	55	760,5	373,5	0,491	2,68	20,59	1,29
Метанольно-водна суміш	77,5	—	320,33	—	3,42	34,44	—
	55	828	414,3	0,499	3,13	34,02	2,34

Швидкість руху конденсату у міжтрубному просторі:

$$\omega = \frac{V}{S} = \frac{442713.6 * 10^{-3} / 3600}{0.785 * (2.2^2 - 0.021^2 * 3400)} = 0.047 \text{ м/с}$$

При такій швидкості руху конденсату у міжтрубному просторі критерій Рейнольдса:

$$Re = \frac{\omega d_p \rho}{\mu} = \frac{0.047 * 0.0454 * 970.25}{344.5 * 10^{-6}} = 6009.64$$

$$\text{де } d_p = \frac{4S}{\Pi} = \frac{4 * 3.14 * (2.2^2 - 0.021^2 * 3400)}{3.14 * (2.2 + 0.021 * 3400)} = 0.0454 \text{ м}$$

Визначимо критерії Прандтля й Грасгофа [7]:

$$Pr = \frac{c\mu}{\lambda} = \frac{4190 * 344.5 * 10^{-6}}{67.75 * 10^{-2}} = 2.14$$

$$Gr = \frac{g d_p^3}{\nu^2} \beta \Delta t = \frac{9.81 * 0.0454^3}{(0.345 * 10^{-6})^2} * 6.63 * 10^{-4} * 2.5 = 1.28 * 10^7$$

$Pr * Gr = 2.74 * 10^7$, режим руху ламінарний; критерій Нуссельта розраховують по формулі:

$$Nu = 0.8 * \left(Pe \frac{d_p}{l} \right)^{0.4} * (Gr Pr)^{0.1} * \left(\frac{\mu}{\mu_{cm}} \right)^{0.14} \quad (2.11)$$

де $Pe = Re * Pr$

$$Nu = 0.8 * \left(6009.64 * 2.14 * \frac{0.0454}{1} \right)^{0.4} * (2.74 * 10^7)^{0.1} * \left(\frac{344.5}{365.5} \right)^{0.14} = 56.19$$

Таким чином, коефіцієнт тепловіддачі від конденсату трубі:

$$\alpha_1 = \frac{56.19 * 67.63 * 10^{-2}}{0.0454} = 836.9 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 * \text{К}}$$

Приймаємо швидкість руху метанольно-водної суміші в трубному просторі 0,1 м/с, тоді критерій Рейнольдса:

$$Re = \frac{\omega d_p \rho}{\mu} = \frac{0.1 * 0.017 * 828}{414.3 * 10^{-6}} = 3398$$

					<i>PM 22.01. ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Технологічний розрахунок підконтактного холодильника

Призначення, пристрій і основні розміри

Підконтактний холодильник призначений для швидкого охолодження контактної газу до 140 – 160 °С щоб уникнути формальдегіду, що розклався.

Для установки обраний вертикальний сталевий кожухотрубчатий теплообмінник із протиточним рухом теплоносія у міжтрубному просторі і контактному газі у трубному просторі. Теплоносій – циркуляційний конденсат ($p = 0,3$ МПа, $t = 80$ °С).

У холодильнику передбачене шахове розташування труб (по вершинах правильних шестикутників). Температурні напруги, викликувані різницею температур між кожухом і трубами, можуть привести до руйнування апарата; щоб уникнути цього на корпусі встановлений лінзовий компенсатор.

Технічна характеристика холодильника:

Висота, мм	2500
Діаметр внутрішній, мм	1400
Число труб камери, що гріє (dтр = 2800 мм)	2800
Поверхня теплообміну, м ²	460

Апарат постачений штуцером виходу контактної газу Ду 350, ру 0,6, двома штуцерами входу й двома штуцерами виходу конденсату Ду 200, ру 0,6.

Тепловий розрахунок

Вихідні дані:

у холодильник подають 305,287 кмоль/г формальдегідного газу;

температура: на вході у холодильник 706 °С; на виході з холодильника 150 °С;

витрата холодного конденсату 442713,6 кг/г.

					РМ 22.01. ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Тепловий баланс спиртовипарювача в загальному виді описується рівнянням:

$$Q_1 = Q_2 + Q_3 + Q_{\text{пот}}, \quad (2.13)$$

де Q_1, Q_2 , – теплові потоки формальдегідного газу на вході й на виході з холодильника, кВт;

Q_3 – теплота, що відводиться конденсатом, кВт;

$Q_{\text{пот}}$ – втрати в навколишнє середовище, кВт.

Відомості про теплоємність компонентів формальдегідного газу зведені в табл. 2.14 .

Таблиця 2.14– Значення коефіцієнтів a, b, z, c' і теплоємностей продуктів і реагентів

		O2	CO	H2O	H2	CO2	N2	CH2O(г)	CH3OH(г)
	a	31,46	28,41	30	27,28	44,14	27,87	18,82	15,28
	b*103	3,39	4,1	10,71	3,26	9,04	4,27	58,38	105,2
	c*106	0	0	0	0	0	0	-15,61	-31,04
T, К	c' *10-5	3,77	-0,46	0,33	0,5	-8,54	0	0	0
150+273	Ср T, К	35,00	29,89	34,71	28,94	43,19	29,68	40,72	54,23

Тепловий потік формальдегідного газу на вході у холодильник 3067,929 кВт (визначений при розрахунку контактного апарата).

Тепловий потік формальдегідного газу на виході з холодильника буде:

$$Q_2 = \frac{150}{3600} [40,72 * 65,029 + 54,23 * 47,025 + 29,89 * 1,437 + 43,19 * 5,389 + 28,94 * 112,18 + 29,68 * 24,431 + 34,71 * 49,979] = 465,84 \text{ кВт.}$$

Приймаємо, що втрати тепла в навколишнє середовище рівняються 5% від приходу тепла:

$$Q_{\text{пот}} = 3161,366 * 0,05 = 158,068 \text{ кВт.}$$

Кількість тепла, що відводиться циркуляційним конденсатом:

$$Q_3 = 3161,366 - (465,84 + 158,068) = 2537,458 \text{ кВт.}$$

Кількість тепла, що відводиться конденсатом, описується рівнянням:

$$Q_3 = G_{\text{конд}} * C_{\text{конд}} * (t_k - t_n), \text{ кВт.} \quad (2.14)$$

Таким чином, температура конденсату на виході з холодильника буде:

$$t_k = \frac{Q_3}{G_{\text{конд}} * C_{\text{конд}}} + t_n = \frac{2537,458 * 3600}{442713,6 * 4,19} + 80 = 84,9^\circ\text{C.}$$

Складаємо тепловий баланс підконтактного холодильника (табл. 2.15).

Таблиця 2.15– Тепловий баланс підконтактного холодильника

Прихід	кВт	%	Витрата	кВт	%
Тепловий потік контактного газу на вході	3161,366	100,00	Тепловий потік контактного газу на виході	465,84	14,74
			Тепловий потік конденсату	2537,458	80,26
			Тепловитрати в навколишнє середовище	158,068	5,00
Разом	3161,366	100,00	Разом	3161,366	100,00

					<i>PM 22.01. ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Розрахунок підконтактного холодильника

Виконуємо перевіряючий розрахунок площі поверхні теплообміну.

$$\begin{array}{ccc} 747 \text{ }^{\circ}\text{C} & & 150 \text{ }^{\circ}\text{C} \\ \leftarrow & & \\ 84,9 \text{ }^{\circ}\text{C} & \rightarrow & 80 \text{ }^{\circ}\text{C} \end{array}$$

$$\Delta t_{\text{в}} = 577,2 \text{ }^{\circ}\text{C}; \quad \Delta t_{\text{м}} = 70 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

Таким чином, середня різниця температур:

$$\Delta t_{\text{ср}} = \frac{577,2 - 70}{\ln \frac{577,2}{70}} = 240,41 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Визначаємо середній коефіцієнт тепловіддачі від контактної газу до стінки труби

$$\alpha_1 = A_{\text{мп}} * W^{0,8} * d^{-0,2}, \quad (2.15)$$

де $A_{\text{тр}}$ – коефіцієнт, що враховує фізичні властивості контактної газу при середній температурі;

W – масова швидкість контактної газу в трубному просторі, $\text{кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$;

d - внутрішній діаметр труби, м.

Теплофізичний параметр контактної газу знаходять при середній температурі:

$$t_{\text{ср}} = (747 + 150)/2 = 448,5 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

Теплоємність і динамічну в'язкість формальдегідного газу розраховуємо у табл. 2.16.

					<i>РМ 22.01. ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.13 – Розрахунок теплоємності й динамічної в'язкості

	O2	CO	H2O	H2	CO2	N2	CH2 O(г)	CH 3O H(г)	Σ
Ср Т, К	34,60	31,19	37,57	29,67	48,74	30,86	52,07	73,7 7	—
xi,	0,000 4	0,0040	0,3524	0,052 1	0,016 0	0,3540	0,180 2	0,04 10	1,000 0
Ср· xi	0,014 4	0,1249	13,240 4	1,544 3	0,780 7	10,924 3	9,382 6	3,02 43	39,03 59
Mr	32	28	18	2	44	28	30	32	—
Mr· xi	0,013 4	0,1121	6,3427	0,104 1	0,704 8	9,9108	5,405 4	1,31 18	23,90 52
μi· 107	390	360	237	156	304	315	218	231	—
(Mr· xi/μi)· 10-4	0.034 3	0,311	2,6763	0,667	2,318	31,463	24,79 5	5,67 9	92,0

$$\mu_{cm} = \frac{23,9052}{92,0 \cdot 10^4} = 259,839 \cdot 10^{-7} \text{ Па} \cdot \text{с} ;$$

$$C_{cm} = \frac{39,0359 \cdot 1000}{23,9052} = 1632,95 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}} .$$

Приймаємо, що критерій Прандтля для двохатомних газів $Pr = 0,72$, тоді теплопровідність контактного газу:

$$\lambda = \frac{1632,95 \cdot 259,839 \cdot 10^{-7}}{0,72} = 0,0589 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}} .$$

					РМ 22.01. ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Площа поперечного перетину трубного простору підконтактного холодильника:

$$S_{mp} = 0,785 * 0,021^2 * 2030 = 0,703 \text{ м}^2$$

Масова швидкість контактного газу у трубному просторі:

$$W = \frac{m_{\tau}}{S_{mp}} = \frac{7949,32}{3600 * 0,703} = 3,14 \frac{\text{кг}}{\text{м}^2 * \text{с}}$$

де m_{τ} – витрата контактного газу, кг/ч.

Коефіцієнт, що враховує властивості контактного газу, визначається по формулі [9, V-29]:

$$A_{mp} = 17,2 * 10^{-3} * \left(\frac{\lambda}{\mu^{0,8}} \right) * \left(\frac{\text{Pr}}{0,73} \right)^{0,4} \quad (2.16)$$

$$A_{mp} = 17,2 * 10^{-3} * \left(\frac{0,0589}{(259,839 * 10^{-7})^{0,8}} \right) * \left(\frac{0,72}{0,73} \right)^{0,4} = 4,69$$

Таким чином, середній коефіцієнт тепловіддачі:

$$\alpha_1 = 4,69 * 3,14^{0,8} * 0,021^{-0,2} = 25,367 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 * \text{К}}$$

Визначаємо коефіцієнт тепловіддачі від стінки труби до циркуляційного конденсату. Фізичні властивості конденсату визначаємо при середній температурі 86,1 °С [7].

Швидкість руху конденсату у міжтрубному просторі:

$$\omega = \frac{V}{S} = \frac{152735}{0,785 * (1,4^2 - 0,021^2 * 2030)} = 0,052 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

При такій швидкості руху конденсату у міжтрубному просторі критерій

Рейнольдса:
$$\text{Re} = \frac{\omega d_s \rho}{\mu} = \frac{0,052 * 0,024 * 970}{344,5 * 10^{-6}} = 3514$$

де
$$d_s = \frac{4S}{\Pi} = \frac{4 * 3,14 * (1,4^2 - 0,021^2 * 2030)}{3,14 * (1,4 + 0,021 * 2030)} = 0,0242 \text{ м}$$

Визначимо критерії Прандтля й Грасгофа [7]:

						РМ 22.01. ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

3. КОНТРОЛЬ ТА АВТОМАТИЗАЦІЯ ВИРОБНИЦТВА

У хімічній промисловості комплексної механізації й автоматизації приділяється велика увага. Це пояснюється складністю й високою швидкістю протікання технологічних процесів, а так само чутливістю їх до порушення режиму, шкідливістю умов роботи, вибухо- і пожежонебезпекою.

Обмежені можливості людського організму (стомлюваність, недостатня швидкість реакції на зміну навколишнього оточення на велику кількість одночасно надходячої інформації, суб'єктивність в оціненні сформованої ситуації й т.д.) є перешкодою для подальшої інтенсифікації виробництва. Наступає новий етап машинного виробництва автоматизація, коли людина звільняється від особистої участі у виробництві, а функції керування технологічними процесами, механізмами, машинами передаються автоматичним пристроєм.

Автоматизація приводить до поліпшення основних показників ефективності виробництва: збільшенню кількості, поліпшенню якості й зниженню собівартості виробляємої продукції, підвищенню продуктивності праці. Впровадження автоматичних пристроїв забезпечує високу якість продукції, скорочення браку й відходів, зменшення витрат сировини й енергії, зменшення чисельності основних робіт, зниження капітальних витрат на будівництво будинків (виробництво організується під відкритим небом), подовження строків міжремонтного пробігу встаткування.

Комплексна автоматизація процесів (апаратів) хімічної технології припускає не тільки автоматичне забезпечення нормального ходу цих процесів з використанням різних автоматичних пристроїв (контролю, регулювання, сигналізації й ін.), але й автоматичне керування пуском й зупиненням апаратів для ремонтних робіт й у критичних ситуаціях.

					<i>PM 22.01. ПЗ</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Контроль та автоматизація виробництва</i>	<i>Літ.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розроб.</i>		<i>Харченко А.А.</i>						
<i>Перев.</i>		<i>Целищев О.Б.</i>						
<i>Консульт.</i>								
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затв.</i>		<i>Суворін О.В.</i>				<i>СНУ ім. В.Даля гр. ТОР-19дм</i>		

3.1 Контроль основних технологічних параметрів процесу

Норми автоматизації розроблені по аналогії із технологічним регламентом установки виробництва формаліну на ПрАТ «Севєродонецьке об'єднання Азот»

Для забезпечення стабільної роботи стадії окислювального дегідрування у виробництві формальдегіду на щит КППіА в ЦПК необхідно виводити наступну вимірювальну інформацію:

1. витрата на вході у спиртовипарювач: метанолу (FIR-1), конденсату (FIR-2), повітря (FIR- 3);
2. тиск повітря на вході у спиртовипарювач (PIR -4);
3. рівень рідинної фази у спиртовипарювачі (LIR -5);
4. температура: парової фази спиртовипарювача (TIRA-6), циркуляційного конденсату на вході у спиртовипарювача (TIRA-8), циркуляційного конденсату на вході у підконтактний холодильник (TIRA-9), спиртоповітряної суміші на виході із перегрівача (TIRA-10), спиртоповітряної суміші на вході у перегрівач (TIRA-11), у зоні реакції контактного апарату (TIRA-13), формальдегідного газу на виході із підконтактного холодильника (TIRA-14), циркуляційного конденсату на виході із спиртовипарювача (TIRA-15);
5. тиск парової фази у спиртовипарювачі (PIR-7), парогазової суміші у контактному апараті (PIR-12).

Для виміру витрати використовується метод змінного перепаду тиску. У трубопровід встановлюється звужений пристрій (діафрагма камерна). При протіканні потоку через діафрагму на неї утвориться перепад тиску, що вимірюється дифманометром «Сапфір-22ДД». Далі сигнал надходить на обробку в мікропроцесор (МП) і крім цього вимірювальна інформація дублюється вторинним приладом А 542.

Розглянемо принцип роботи МП на прикладі одноконтурної цифрової АСР температури газу після теплообмінника АТ1 (поз.10-а -10-г).

					РМ 22.01. ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Сигнал, що формується за допомогою первинного вимірювального перетворювача температури (термометр опору ТСП-6097 поз. 10-а) за допомогою перетворювача ПТ-ТП-61 (поз. 10-б) перетвориться в безпосередній електричний сигнал 4-20мА й надходить на вхідну гальванічну розв'язку МП РГ₁. Сигнал дублюється вторинним приладом А 565 (поз. 10-в), розташованому на щиті в ЦПУ.

Тому що мікропроцесор обробляє інформацію тільки в цифровій формі, то сигнал після РГ₁ надходить на аналого-цифровий перетворювач (АЦП) і далі вже в цифровій формі обробляється мікропроцесором по заданому алгоритмі в блоці АЛГО.

Результат обробки направляється в цифро-аналоговий перетворювач (ЦАП), де він перетвориться на відповідний аналоговий електричний сигнал, що є керуючим. Далі через вихідну гальванічну розв'язку РГ₂ він надходить на пульт оператора (ПО) у блок – пристрій контролю, а у випадку регулювання в блок ручного керування (РУ), а з нього на електропневмоперетворювач ЕПП-63 (поз. 10-б). Останній видає нормований пневматичний сигнал, що надходить на регулювальний клапан (поз. 10-г).

Для виміру тиску використовується датчик тиску «Сапфір -22ДІ», що видає уніфікований струмовий сигнал, що надходить на обробку в мікропроцесор. Сигнал дублюється вторинним перетворювачем А 542. Перепад тиску фіксується за допомогою дифманометра «Сапфір-22ДД».

Для виміру рівня використовується буйковий рівнемір «Сапфір-22ДУ». В основу роботи приладу покладений принцип Архімеда. В апарат встановлюється чутливий елемент - буй. При зміні рівня в апарату змінюється сила, що виштовхує, діюча на буй, а отже міняється вага буя. Зміна ваги буя прямо пропорційна зміні рівня в апараті. Чутлива схема приладу перетворить зміну ваги буя в уніфікований струмовий сигнал, що відправляється на обробку в мікропроцесор. Вторинним перетворювачем служить А 542 [16].

					<i>РМ 22.01. ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Крім вище зазначених термометрів опору ТСП-6097 (межа виміру до 250) використовуються ТСМ-5071 (межа виміру до 150) і термопари ТХА-0515 (межа виміру до 400). Термопара працює в комплекті з перетворювачем, що нормує, Ш-78. В основу роботи термопар покладений термоелектричний ефект. Якщо два різнорідних провідники перебувають в одній крапці, що опускають в апарат, то на вільних кінцях термопари утвориться різниця потенціалів, що прямо пропорційна вимірюваній температурі. Тому що виробництво формальдегіду є пожежо-вибухонебезпечним, то необхідно використати ЕПП-63, а виконавчі механізми повинні бути пневматичними [16].

3.2. Регулювання технологічних параметрів

Щоб забезпечувати оптимальні умови процесу окислювального дегідрування формальдегіду необхідно регулювати наступні технологічні параметри [19].

Тиск повітря на вході у спиртовипарювач (PIR -4) регулюється за допомогою одноконтурної цифрової АСР(поз.4а-4г), регулювальний клапан РСV-2-4 розташований на лінії подачі повітря у спиртовипарювач СП.

Рівень спиртоповітряної суміші у спиртовипарювачі СП реагує за допомогою одноконтурної цифрової АСР (поз.5а-5г), регулювальний клапан LCV-30-4 розташований на лінії подачі метанолу у спиртовипарювач.

Тиск у спиртовипарювачі (PIR -7) регулюється за допомогою одноконтурної цифрової АСР(поз.7а-7г), регулювальний клапан РСV-2-4 розташований на лінії виходу слабого розчину метанолу із спиртовипарювача СП.

Витрата конденсату на вході у спиртовипарювач регулюється за допомогою одноконтурної цифрової АСР(поз.2а-2г), регулювальний клапан НО розташований на лінії входу конденсату у спиртовипарювач.

					<i>РМ 22.01. ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Тиск у конатктному апараті (PIR -12) регулюється за допомогою одноконтурної цифрової АСР(поз.12а-12г), регулювальний клапан РСV-2-4 розташований на лінії виходу формальдегідного газу із конатктного апарата.

3.3. Сигналізація й блокування

Для запобігання аварійних ситуацій на виробництві формаліну необхідно сигналізувати наступні технологічні параметри:

1. температуру у спиртовипарювачі;
2. температуру циркуляційного конденсату на вході у спиртовипарювач;
3. температуру парогазової суміші, яка надходить у контактний апарат;
4. температуру спиртоводо повітряної суміші у контактному апараті;
5. температуру циркуляційного конденсату на вході у контактний апарат.

Блокування передбачене при відхиленнях від заданих температур у контактному апараті та спиртовипарювачі.

					<i>РМ 22.01. ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Таблиця 3.1 Відомість приладів

Поз. позначення	Технологічний параметр	Найменування, тип приладів	Технологічні характеристики
1	2	3	4
1-а	Витрата метанолу на установку	Діафрагма камерна ДКН-150	Клас точності 1,0
2-а	Витрата конденсату у спиртовипарювач	Діафрагма камерна ДКН-150	Клас точності 1,0
3-а	Витрата повітря у спиртовипарювач	Діафрагма камерна ДКН-150	Клас точності 1,0
1-б, 2-б, 3-б		Дифманометр «Сапфір-22ДД»	Вихідний сигнал 4-20 мА, клас точності 0,5
1-в, 2-в, 3-в		Вторинний прилад А-542	Клас точності 0,25
2-г, 3-г		Електропневмоперетворювач ЭПП-63	Вихідний сигнал 0,2-1 кгс/см ²
2-г, 3-г		Регулювальний клапан	Тип НО
7-а	Тиск у спиртовипарювачі	Датчик тиску «Сапфір-22ДИ»	Клас точності 0,5
7-б		Вторинний прилад А-542	Клас точності 0,25
7-в		Електропневмоперетворювач ЭПП-63	Вихідний сигнал 0,2-1 кгс/см ²

					<i>РМ 22.01. ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Продовження таблиці 3.1- Відомість приладів

1	2	3	4
7-г		Регулювальний клапан	Тип НО
4-а	Тиску повітря на вході у спиртовипарювач	Датчик тиску «Сапфір-22ДИ»	Клас точності 0,5
12-а	перепад тиску в реакторі РТ	Дифманометр «Сапфір-22ДД»	Шкала 0-25 кПа Клас точності 0,5
4-б,12-б		Вторинний прилад А-542	Клас точності 0,25 Шкала 0-25 кПа
7-в, 12-в		Електропневмоперетворювач ЭПП-63	Вихідний сигнал 0,2-1 кгс/см ²
7-г, 12-г		Регулювальний клапан	Тип НО
6-а	Температура у спиртовипарювачі	Термопара ТХА-0515	Шкала(50+400)°С, Клас точності 2,5
8-а	Температура конденсату після теплообмінника АТ6	Термометр опору мідний ТСМ-5071	Шкала (0-150)°С Клас точності 3
9-а	Температура конденсату на вході у теплообмінник АТ6	Термометр опору мідний ТСМ-5071	Шкала (0-150)°С Клас точності 3

					<i>РМ 22.01. ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Продовження таблиці 3.1 Відомість приладів

10-а	Температура парогазової суміші на вході у контактний апарат	Термометр опору мідний ТСМ-5071	Шкала (0-150)°С, Клас точності 3
13-а	Температура парогазової суміші контакт-ному апараті	Термопара ТХА-0515	Шкала(50+400)°С, Клас точності 2,5
15-а	Температура циркуляційного конденсату на вході у підкон-тактний холодильник	Термометр опору мідний ТСМ-5071	Шкала (0-150)°С, Клас точності 3
8-а,9-а, 10-а, 15-а,		Перетворювач ПТ-ТП-61	Вихідний сигнал 4-20 мА
13-а, 6-а		перетворювач, що нормує Ш-78	Вихідний сигнал 4-20 мА Клас точності 0,5
8-б, 9-б,10-б, 6-б,13-б, 15-б		Вторинний прилад А-542	Клас точності 0,25 Шкала (0-400)°С,

					<i>РМ 22.01. ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Продовження таблиці 3.1 - Відомість приладів

1	2	3	4
8-г, 9-г, 10-г, 6-г, 13-г, 15-г		Електропневмоперетворювач ЭПП-63	Вихідний сигнал 0,2-1 кгс/см ² Клас точності 1
8-г, 9-г, 10-г, 15-г		Регулювальний клапан	Тип НО
6-г, 13-г		Електроконтактне реле блокування	Інерційність не більше 0,5 с
18-5		Відсікувач ЭВ-1	Тип АЛЕ
5-а	Рівень у спирто-випарювачі	Датчик рівня «Сапфір-22ДУ»	Шкала (0 - 100)% Клас точності 0,5
5-б		Вторинний прилад А-542	Клас точності 0,25 Шкала (0 - 100)%
5-в		Електроконтактне реле блокування	Інерційність не більше 0,5 з
5-г		Відсікувач ЭВ-1	Тип НО
5-г		Електропневмоперетворювач ЭПП-63	Вихідний сигнал 0,2-1 кгс/см ²

					<i>РМ 22.01. ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

4. ОХОРОНА ПРАЦІ

Охорона праці – це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів і засобів, направлених на збереження здоров'я і працездатності людини в процесі праці.

Головним об'єктом її дослідження є людина в процесі праці, виробниче середовище і організація праці на виробництві.

На підставі цих досліджень розроблені методи збільшення рівня охорони праці на виробництві.

Хімічне виробництво окислювального дегідрування формальдегіду має цілий ряд відмінних особливостей, які вимагають підвищеної уваги. У процесі цієї галузі застосовують і одержують сировину, напівпродукти, цільові і побічні продукти, які є токсичними і небезпечними у пожежному відношенні. Більшість з них - вибухові речовини [14].

4.1 Основні фізико-хімічні властивості, токсичність, пожежо- та вибухонебезпечність речовин, що застосовано та добуто на виробництві

Як сировину на виробництві застосовують метанол. Разом із тим у побічних реакціях протікання процесу утворюються речовини, які являються токсичними, вибухо- і пожежонебезпечними, тому їх характеристики приведені в таблицях 4.1., 4.2, 4.3.

					<i>РМ 22.01. ПЗ</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Вступ</i>	<i>Літ.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розроб.</i>		<i>Харченко А.А.</i>						
<i>Перев.</i>		<i>Целищев О.Б.</i>						
<i>Консульт.</i>								
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затв.</i>		<i>Суворін О.В.</i>						
						<i>СНУ ім. В.Даля гр. ТОР-19дм</i>		

Таблиця 4.1 Основні фізико-хімічні властивості речовин

Назва сполуки		Емпірична формула	Структурна формула	Агрегатний стан за н.у.	Температура плавлення °С	Температура кипіння °С	Примітка
Раціональна номенклатура	Систематична номенклатура						
Метанол	Метиловий спирт	CH ₃ OH		Рідина	-97.8	64.9	
Формальдегід	Метаналь	CH ₂ O		Газ	-	99	
Кисень	Кисень	O ₂		Газ	-218.4	-183	
Діоксид вуглецю	Двоокис вуглецю	CO ₂	O=C=O	Газ	-	-	
Оцтова кислота	Етанова кислота	CH ₃ COOH		Рідина	16,6	118	
Оксид вуглецю	Окис вуглецю	CO	C=O	Газ	-205	-191.5	
Водень	Водень	H ₂	H-H	Газ	-259.2	-252.8	
Метан	Метан	CH ₄		Газ	-182.49	-218.4	

Таблиця 4.2 Характеристики токсичності

Сполука	Клас шкідливості	Характер дії на організм людини	Гранично допустима концентрація				Засоби індивідуального захисту
			У повітрі, мг/м ³			У воді, мг/л	
			Робочої зони	Населеного пункту			
				Максимально-разова	Середньодобова	ГДК	
1	2	3	4	5	6	7	8
Метанол	3	Отруйна рідина з різко-виразною кумулятивною дією. Смертельна доза – 30 мл., важке отруєння – 5-10 мл.	5,0	1	0,5	30	Протигази марки «М», шлангові протигази

1	2	3	4	5	6	7	8
Формальдегід	2	Безкольоровий газ з різким запахом, який викликає задуху. Діє на центральну нервову систему, подразнює слизові оболонки очей та дихальних шляхів. Викликає кашель, бронхіт, інколи із кров'яною рвотою, запалення легенів. Дія на шкіру проявляється у почервонінні і появі висипу по всьому тілу.	0,5				Протигази марки «М», шлангові протигази
Метан	4	У великих концентраціях проводить наркотичну дію. При високій концентрації може викликати задушення через нестачу кисню	300	-	-	-	Фільтруючий протигаз, Шлангові протигази ПШ-1, ПШ-2
Діоксид вуглецю	4	Володіє наркотичною і задушливою дією. При великих концентраціях спостерігається головний біль, шум у вухах, прискорене серцебиття, збільшення кров'яного тиску, запаморочення, непритомність.	300 00				Ізольові, шлангові протигази ПШ1 або ПШ2
Оксид вуглецю	4	Надає отруйливу дію. Перешкоджає з'єднанню кисню з гемоглобіном крові	20	3	10	-	Фільтруючий протигаз марки «М». Шлангові протигази ПШ-1, ПШ-2

1	2	3	4	5	6	7	8
Водень	-	Токсичної дії на організм не надає, але при високих концентраціях викликає задуху в слідстві витіснення кисню					Фільтруючий протигаз марки «М». Шлангові протигази ПШ-1, ПШ-2
Кисень	-	Вдихання повітря з великим змістом кисню може викликати порушення діяльності легенів, серця і центральної нервової системи. Пониження концентрації кисню в повітрі до 16% приводить до порушення нормальної діяльності організму людини. При зменшенні кисню до 10% і нижче настають судоми з можливим смертельним результатом.					Шлангові протигази ПШ-1, ПШ-2
Оцтова кислота	3	Подразнююча рідина, пари якої викликають подразнення слизових оболонок верхніх дихальних шляхів. Довготривала дія парів викликає захворювання носової порожнини та кон'юнктивіт. Дія на шкіру викликає утворення струп'їв, які характерні для хімічних ожогів, утворюються язви.	5				Фільтруючі протигази марки «В» або «БКФ»

Таблиця 4.3 Показники вибухо- і пожежонебезпечності

Сполука	Температура самозаймання °С	Межі розповсюдження полум'я концентраційні			
		г/м ³		% об.	
		нижній	верхній	нижній	верхній
Метанол	410	46,5	512	6,98	35,5
Метан	537	95	500	5,28	14,1
Формальдегід	430	-	-	7	73
Оксид вуглецю	651	-	-	12,5	80
Оцтова кислота	454	-	-	3,3	22
Водень	510	3,4	66,4	4	7,5

4.2 Небезпечні і шкідливі виробничі фактори на виробництві

Основними шкідливими факторами на виробництві формаліну є:

- наявність силового устаткування напругою 6000 В, 500 В, 380 В;
- загазованість окисом вуглецю (СО), парами спирту метилового (СН₃ОН), формальдегідом (СН₂О);
- наявність каталізаторного пилу (в організм людини шкідливі речовини можуть проникати через шкірний покрив і дихальні шляхи);
- шум (ГДР 80 ДБА);
- вібрація (ГДР 92 ДБА);
- підвищений вміст кисню (більше 23% об.) або зменшений вміст кисню (менше 20% про.) в робочій зоні виробничих приміщень [20].

Основними небезпеками для персоналу в цеху є:

- отруєння шкідливими хімічними речовинами, які можуть потрапити усередину організму людини через легені, шлунково-кишковий тракт і шкіру (метанол, формальдегід);
- можливість утворення вибухонебезпечних концентрацій пар метанолу, формальдегіду;

					РМ 22.01. ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- хімічні опіки тіла й очей можуть бути при влученні формаліну, метанолу;
- термічні опіки при зіткненні до гарячих трубопроводів пари, гарячої води;
- обмороження при влученні вуглекислоти на тіло;
- поразка електричним струмом при порушенні інструкцій з обслуговування електроустаткування й зіткнення з оголеними проводами;
- небезпека влучення під залізничний і автотранспорт як на території цеху, так і на території підприємства;
- механічні травмування: порізи, переломикісток, ушиби можуть виникнути при порушенні правил охорони праці, обслуговуванні механізмів, станків, та інших приладів, що рухаються;
- можливість утворення статичної електрики при русі сировини та продукції по трубопроводам та апаратам;
- отримання травмувань при попаданні у траншеї, колодязі, приямки;

4.3. Класифікація і категорійність виробництва і його приміщень

Таблиця 4.3. Класифікація і категорійність проектного або досліджуваного виробництва і його приміщень

№ п/п	Найменування відділення, установки	Категорія вибухопожарної	Класифікація приміщень і зовнішніх установок по ПУЕ (ДНАОП 0.00-1.32-01)	Категорія й група вибухо-небезпечної суміші за ДСТ 12.1.011-78*	Група виробничого процесу (СНиП 2.09.04-87)
1.	Спиртовипарювальне відділення	А	В-Ia (2)	IIА-T2	3б
2.	Контактне відділення	А	В-Ia (2)	IIА-T2	3б

					<i>PM 22.01. ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

1	2	3	4	5	6
3.	Склад формаліну	Б	В-Ia (2)	ІІВ-Т2	1а
4.	Вакуум-насосне відділення	Д	В-Ia (2)	ІІВ-Т2	1а
5.	Виробництво формаліну (відкрита площадка)	А	В-Ia (2)	ІІС-Т2	3б
6.	Склад метанолу, насосна	А	В-Ia (2)	ІІА-Т2	3б
7.	Відділення нагнітачів	А	В-Ia (2)	ІІС-Т2	3б
8.	Газгольдер	А	В-Ia (2)	ІІС-Т2	3б

Клас за санітарною характеристикою – II.

Ширина санітарної зони – 500м.

4.4 Заходи запобігання шкідливих і небезпечних виробничих факторів

4.4.1 Вентиляція і опалювання

Оскільки установка окислювального дегідрування формаліну знаходиться на відкритому майданчику, то розрахунок вентиляції проводимо для приміщення ЦПК. У приміщенні передбачена припливна вентиляція. Об'єм приміщення 830 м³, кратність повітрообміну приймаємо 7 ч⁻¹. Кількість повітря, яку необхідно подати в приміщення ЦПК, визначаємо за формулою [14]:

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

де К – кратність повітрообміну, ч⁻¹, К=7год⁻¹

V – об'єм приміщення ЦПК, м³, V=830 м³

$$W = 7 * 830 = 5810 \quad \text{м}^3/\text{годину}$$

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	РМ 22.01. ПЗ				

Приймаємо для установки тип вентилятора В-Ц4-70

Продуктивність, м ³ /год	Номер вентилятора	Напір, мм. вод. ст.	Частота обертання , об/хв	Електродвигун		
				Тип	Потужність, кВт	Частота обертання , об/хв
7500	6,3	50	1000	4А100S6	2.20	

У приміщенні ЦПК передбачена система, повітряного опалювання, суміщена з приточною вентиляцією. Як опалювальні прилади використовують калорифери. Витрату теплоти на вентиляцію в зимовий час можна визначити за формулою [14]:

$$Q_B = W * C_s * (t_{en} - t_n) * \frac{1000}{3600}, \quad \text{Вт} \quad (4.2)$$

де W – об'єм приточного повітря, м³/ч

C_s – об'ємна теплоємність повітря, дорівнює 1,257 кДж/м³·град;

t_{en} – температура нагрітого ($t=22^\circ\text{C}$) повітря, що подається у приміщення, °C;

t_n – температура зовнішнього повітря °C. Приймається, що в осінньо-зимовий період середня температура зовнішнього повітря дорівнює мінус 7°C.

$$Q_s = 7500 * 1,257 * (22 - (-7)) * \frac{1000}{3600} = 75943,75 \text{ Вт}$$

Площа поверхні опалювальних приладів визначається за формулою:

$$H = \frac{Q}{506} \quad \text{Экм} \quad (4.3)$$

де Экм – еквівалентний квадратний метр – площа поверхні нагріву приладу, що віддає 506 Вт теплоти при різниці середньої температури теплоносія і температури повітря в приміщенні рівної 64,5°C. 1Экм=0,82м²

$$H = \frac{75943,75}{506} = 150,086 \quad \text{Экм} \quad \text{чи} \quad 123,07 \quad \text{м}^2$$

Тип калорифера КП312-СК-01. Площа поверхні калорифера – 125,27 м²

					РМ 22.01. ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.4.2 Аварійна вентиляція

Для аварійної вентиляції слід використовувати [20]:

1. основні і резервні системи загальнообмінної вентиляції і системи місцевих відсмоктувань, що забезпечує витрату повітря необхідного для аварійної вентиляції;

2. тільки системи аварійної вентиляції, якщо використання основних резервних систем неможливе і недоцільне.

Приймальні отвори для виділення загальнообмінної вентиляції з нижньої зони слід розташовувати на рівні 0,3 м від підлоги до низу отвору.

Витрата повітря крізь місцеві отвори, розташовані в межах робочої зони під час вступу газів і пари з питомою вагою більш питомої ваги повітря в ній, слід враховувати як виділення з цієї зони.

Для відшкодування витрати повітря, що виділяється аварійною вентиляцією, спеціальних припливних сумішей передбачати не слід.

Аварійну вентиляцію в приміщеннях категорії А, Б слід проектувати з механічною спонукою. Якщо температура, категорія і група вибухонебезпечних сумішей горючих газів, пари і аерозолів з повітрям не відповідні даним технічних умов на вибухозахищені вентилятори, то системи аварійної вентиляції слід передбачати ежекторами для будівель будь-якої поверховості або припливну вентиляцію зі штучною спонукою для витиснення газів і пари крізь аераційні ліхтарі, шахти або дефлектори – для одноповерхових будівель, в які при аварії поступають горючі гази або пари щільність яких менше щільності повітря. [20] .

4.5 Заходи боротьби із пилом

Джерелом пилу у виробництві формальдегіду є каталізатор.

					РМ 22.01. ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Основним напрямом в комплексі заходів щодо боротьби з пилом на виробництві є попередження її утворення і виключення викидів в атмосферу газів, що відходять, пари, для цього передбачено:

- герметизація апаратів;
- заміна порошоків пігулками.

Оскільки пиловиделенню повністю запобігти неможливо, передбачена витяжна вентиляція.

Індивідуальними засобами захисту від пилу каталізатора є протизапорошений респіратор типу «Пелюстка» (або інші, дозволені до застосування на підприємствах хімічної промисловості), захисні окуляри, рукавички, спецодяг [19].

4.6 Освітлення приміщень

У ЦПК є природне і штучне освітлення. Передбачається робоче і аварійне освітлення приміщення ЦПК. Природне освітлення, здійснюється крізь світлові отвори в стінах будівель (бічне світло) і розраховується виходячи зі співвідношення площі світлових отворів до площі підлоги (світловий коефіцієнт).

$$\text{Площа віконних отворів [24]: } S_{ок} = \left(\frac{1}{5} \div \frac{1}{6}\right) * S_n, \text{ м}^2 \quad (4.4)$$

де S_n – площа підлоги, м^2

$(1/5 \div 1/6)$ – світловий коефіцієнт.

$$S_{он} = \frac{1}{5} * 160 = 32 \quad \text{м}^2$$

Площа одного вікна 1,5x2,5 м, тоді кількість віконних отворів – 8.

Кількість світильників, необхідна для освітлення приміщення визначається методом світлового потоку за формулою:

					<i>PM 22.01. ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

$$n = \frac{E * S * K}{F * U * Z} \quad (4.5)$$

де E – мінімально допустима освітленість робочих поверхонь, лк;

S – освітлювана площа, м²

F – світловий потік однієї лампи, залежний від її потужності, лм;

K – коефіцієнт запасу, приймаємо для люмінесцентних ламп, у приміщеннях з малим виділенням забруднень дорівнює $K=1,5$ [14];

Z – поправочний коефіцієнт, що залежить від конструкції світильника, тип світильника люмінесцентний $Z=1,0$;

U – коефіцієнт використання освітлювальної установки, що залежить від конструкції світильника, коефіцієнта відображення стелі та стін, прийmemo для люмінесцентних ламп, $U=1,0$.

Норми мінімальної освітленості на робочих поверхнях у виробничих приміщеннях [14]:

Характеристика роботи – точна

Розмір об'єкту відмінності – 0,6 мм

Розряд роботи – III

Підрозряд – б

Контраст об'єкту відмінності

з фоном робочої поверхні – малий

Фон робочої поверхні – світлий

Мінімальна норма освітленості

при люмінесцентних лампах

одне загальне освітлення – 300 лк.

Значення світлового потоку люмінесцентних ламп залежно від потужності лампи, напруги в мережі і розмірів трубки:

Потужність лампи – 40 Вт

Напруга – 220 В

					<i>PM 22.01. ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Діаметр трубки – 38-39,5 мм

Довжина трубки – 1198 мм

Світловий потік лампи БС – 1720 лм

$$n = \frac{300 * 160 * 1,5}{1720 * 1 * 1} = 41,86 \approx 42$$

Групуємо світильники по 3 лампи.

Потужність електроосвітлювальної установки з урахуванням місцевого освітлення визначається по формулі [14]:

$$N = \frac{n * W + (0,1 \div 0,2) * n * W}{1000}, \quad \text{кВт} \quad (4.6)$$

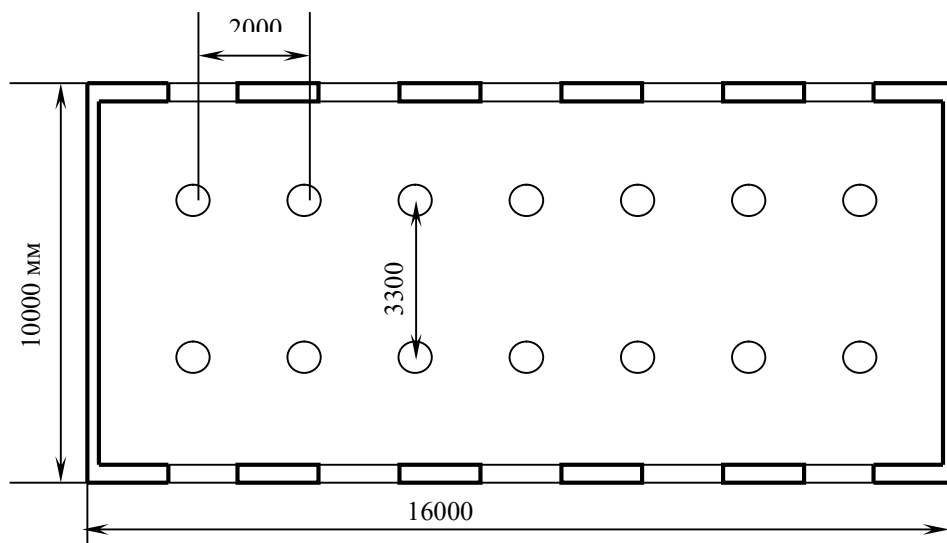
де n – розрахункова кількість ламп для даного приміщення;

W – потужність однієї лампи, Вт

$(0,10,2) * n * W$ – додаткова потужність для ламп місцевого освітлення, Вт

$$N = \frac{42 * 40 + 0,16 * 42 * 40}{1000} = 1,95 \quad \text{кВт}$$

Встановлювані стельові світильники з люмінесцентними лампами кріпляться по стінах і в лінію по балці під стелею.



Малюнок 4.1 Схема для загального освітлення приміщення

					РМ 22.01. ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.7. Заходи щодо боротьби із шумом та вібрацією

Для усунення або зменшення вібрації машин і устаткування і вироблюваного ними шуму передбачені наступні методи:

- Установка проєктованих вентиляторів на вібропідвалинах;
- З'єднання вентиляторів з повітреводами за допомогою гнучких вставок;
- Обмеження швидкості повітря у повітреводі;
- Для зниження аеродинамічного опору створюваного вентилятором передбачена установка трубчастих глушників на повітреводі у межах венткамери.

Засобами індивідуального захисту від шуму є: заглушки (антифони), протигаласливі (шумозахисні) навушники і шоломи. Для захисту від вібрації передбачені віброізолююче взуття і рукавиці [19].

4.8 Заходи захисту від статичної електрики

Джерела, які можуть мати місце в лабораторіях і виробництвах, а саме:

1. Наведення статичної електрики на екранах і корпусах відеомоніторів персональних комп'ютерах;
2. Поява електростатичних зарядів на платах і приладах мікроелектронної техніки в процесі їхнього взаємного переміщення при монтажі схем, ремонті й налаштуванні апаратів;
3. Виникнення електричного потенціалу на незаземленому устаткуванні за рахунок електричної індукції при сильних грозових розрядах і недостатнього грозозахисту.

До заходів захисту від статичної електрики відносять:

- запобігання накопиченню зарядів на металевому устаткуванні

					<i>PM 22.01. ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

(досягається заземленням всіх металевих частин, на яких можуть з'являтися заряди);

- ослаблення генерування зарядів на твердих тілах і в рідинах (за рахунок збільшення їх поверхневої провідності шляхом підвищення відносної вологості повітря, хімічної обробки поверхні, зменшення швидкості переміщення заряджаючих матеріалів і т.д.);

- усунення вибухонебезпечної суміші горючих речовин з повітрям в місцях освіти і накопичення зарядів (за допомогою вентиляції або використання інертних газів);

- запобігання накопиченню зарядів на твердих і рідких діелектриках (шляхом збільшення їх електропровідності за допомогою антистатичних присадок і т.п.);

- нейтралізація зарядів на поверхні твердих і рідких діелектриків в процесах їх виникнення або накопичення (шляхом іонізації навколишнього повітря або шляхом виконання поверхонь зіткнення матеріалів з різними діелектричними проникностями).

Для відведення статичної електрики, що накопичується на людині, передбачають:

- облаштування електропровідної підлоги або заземлених зон, помостів і робочих майданчиків, заземлення ручок дверей, поручнів драбин або рукояток приладів, машин і апаратів;

- забезпечення працюючих струмопровідним взуттям;

- заборона носіння одягу з синтетичних матеріалів і шовку, а також кілець і металевих браслетів та ін.[20]

4.9. Заходи електробезпеки

До таких заходів відносяться: забезпечення недоступності струмоведучих частин, що знаходяться під напругою; електричне розділення мережі; усунення

					РМ 22.01. ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

небезпеки поразки при появі напруги на корпусах, кожухах і інших частинах електроустаткування, що досягається застосуванням малих напруг, використанням подвійної ізоляції, вирівнюванням потенціалу, захисним заземленням, зануленням, захисним відключенням; застосування спеціальних електрозахисних засобів - переносних приладів і пристроїв; організація безпечної експлуатації електроустановок і т.д.

Для усунення переходу напруги на корпус і неструмоведучі частини електричного і технологічного обладнання при замиканні на них одної з фаз застосовують захисне заземлення або занулення.

Розрахунок заземлюючого контура здійснюють за умови, що загальний опір заземлюючого контура $R_{зп}$ повинен бути менше 4 Ом

Опір заземлювача визначається за формулою :

$$R_z = \frac{\rho}{2\pi l} \left(\ln \frac{2l}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4t+l}{4t-l} \right), \text{ Ом} \quad (4.7)$$

де ρ – питомий опір ґрунту, Ом (для піску $\rho=600$ Ом);

l – довжина заземлювача для стержнів, м ($l=4,5$);

d – діаметр заземлювача для стержнів, м ($d=0,02$);

t – відстань від середини забитого в ґрунт заземлювача до рівня землі, м ($t=2,75$);

$$R_z = \frac{600}{2 \cdot 3,14 \cdot 4,5} \left(\ln \frac{2 \cdot 4,5}{0,02} + \frac{1}{2} \ln \frac{4 \cdot 2,75 + 4,5}{4 \cdot 2,75 - 4,5} \right) = 139 \text{ Ом}$$

Опір шваби, яка з'єднує заземлювачі, визначається за формулою [14]:

$$R_w = \frac{\rho}{2\pi L} \ln \frac{2L^2}{bt'}, \text{ Ом} \quad (4.8)$$

де, ρ – питомий опір ґрунту, Ом (для піску $\rho=600$ Ом);

					<i>РМ 22.01. ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

L – довжина шваби, що з'єднує заземлювачі, для контурного заземлення приблизно рівна периметру допоміжного блоку, в якому розташована електроустановка ЦПК, м (L=160м);

b – ширина шваби, м (b=0,03м)

t' – глибина заземлення від рівня землі, м (t'=0,5м);

$$R_{ш} = \frac{600}{2 * 3,14 * 160} * \ln \frac{2 * 160^2}{0,03 * 0,5} = 8,98 \quad \text{Ом}$$

Кількість заземлювачів захисного заземлюючого пристрою визначається за формулою [14]:

$$n = \frac{2 R_з}{4 \eta_з} \quad (4.9)$$

де 4 – допустимий загальний опір, Ом;

2 – коефіцієнт сезонності;

$$n = \frac{2 * 139}{4 * 0,66} = 106$$

Загальний опір захисного заземлюючого пристрою визначається за формулою [14]:

$$R_{ззп} = \frac{R_з R_{ш}}{R_{ш} n \eta_з + R_з \eta_{ш}}, \quad \text{Ом} \quad (4.10)$$

де Rз – опір заземлювача, яким застосовуються смуги, Ом

Rш – опір шваби, що з'єднує заземлювачі, Ом

n – кількість заземлювачів

$\eta_з$ – коефіцієнт екранування заземлювача, приймаємо 0,66

$\eta_{ш}$ – коефіцієнт екранування з'єднуючої шваби, приймаємо 0,4

$$R_{ззп} = \frac{139 * 8,98}{8,98 * 106 * 0,66 + 139 * 0,4} = 1,825 \quad \text{Ом}$$

Оскільки розраховане значення Rззп < 4 Ом, цей захисний заземлюючий пристрій забезпечує ефективний захист від поразки електричним струмом.[10]

					РМ 22.01. ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.10. Пожежобезпека

Процес окисного дегідрування метанолу проводиться під надлишковим тиском і температурі вище температури самозапалювання метанолу й формальдегіду, тому при виході цих продуктів з контактного апарата й зіткненні з повітрям може відбутися їхнє загоряння.

Вибухонебезпечність процесу окисного дегідрування метанолу забезпечується подачею спирто-повітряної суміші в контактний апарат зі змістом метанолу в ній вище верхньої межі вибухівності. Це зміст, у свою чергу, підтримується при дотриманні наступних норм:

- рівня спирто-водної суміші у спиртовипарювачі;
- температури в рідкій фазі спиртовипарювача;
- температуру циркуляційного конденсату;
- витрати повітря у спиртовипарювачі;
- змісту метанолу в спиртоводній суміші;
- змісту метанолу в рідкій фазі спиртовипарювача;
- безперебійної роботи насосів циркуляційного конденсату.

Збільшення змісту кисню в газах після контактного апарата вище норм робить їх вибухонебезпечними при подальшій переробці, аж до котельні цеху ПіОК.

Пари метанолу в суміші з повітрям за наявності іскри вибухають. Кращим засобом гасіння метанолу і його фракцій є вода. Метанол можна гасити так само вогнегасником, піском, азбестовим полотном, інертними газами. Для гасіння електромоторів і струмоведучих систем користуватися тільки вуглекислотними вогнегасниками і сухим азбестовим полотном.

При виникненні пожежі необхідно діяти згідно плану локалізації аварій в цеху.

У зимовий час пожежні гідранти і під'їзди до них необхідно очищати від снігу, а кришки гідрантів від льоду. Гідранти повинні бути утеплені.

					РМ 22.01. ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Забороняється зберігати матеріальні цінності на рамках складів, у вентиляційних камерах.

При роботі насоса не допускається витік рідини крізь сальник. У разі пропуску сальника, насос необхідно зупинити, скинути тиск до атмосферного, підтягти або замінити набивання сальникового ущільнення.

Не допускається проводити підтяжку набивання сальників і фланцевих з'єднань у працюючих насосах під тиском, а так само без зняття напруги з електродвигуна насоса.

Насосне відділення повинне постійно міститися в чистоті. Лотки приймання, фундаменти необхідно постійно очищати від продукту, що розлився, і масла. Застосування легкозаймистих рідин (ЛЗР) для миття підлог і устаткування забороняється.

Слюсарні матеріали дозволяється зберігати (у розмірі добової потреби) в спеціальному посуді із кришкою, що щільно закривається.

Апаратник повинен знати розташування трубопроводів, засувок і їх призначення, а також вміти чітко і швидко перекривати засувки при аваріях і пожежах.

Не допускається застосування заглушок для відключення трубопроводу, що зупиняється на тривалий термін, від іншого трубопроводу того, що знаходиться під тиском. У таких випадках необхідно передбачати знімаєму ділянку трубопроводу і на кінцях діючих трубопроводів встановлювати заглушки.

Слід постійно контролювати справність теплоізоляції на гарячих трубопроводах. Не можна допускати експлуатацію гарячих трубопроводів із пошкодженою теплоізоляцією.

Розтин люків, кришок апаратів, злив і наливання продуктів крізь відкриті люки, а так само проведення інших операцій сприяючих утворенню концентрацій вибухонебезпечних газів в період проведення вогняних робіт на даному робочому місці забороняється. [19]

					РМ 22.01. ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Використання засобів пожежогасіння не по прямому призначенню забороняється. Для організації ефективного захисту виробництва формаліну слід використовувати вогнеприпинувачі.

Вогнеприпинувачами називають захисні пристрої, які вільно пропускають паро-, пило- або газоповітряну суміш, але не пропускають полум'я. Вони встановлюються на дихальних лініях резервуарів, мірників і апаратів з ЛЗР і горючими газами. Вогнеприпинувачі є корпусами з металевою насадкою у вигляді гофрованих пластин, пакету металевих сіток, фольгових касет, гравію, мінеральної вати або кілець Рашига.

Принцип дії вогнеприпинувачів полягає в тому, що горюча суміш, яка проходить крізь них, розбивається у насадці на тонкі струмені. При окисленні горючої суміші в каналах малого діаметру можливість тепловтрат перевищує тепловиділення і горіння припиняється. Діаметр гасильного каналу насадки вогнеприпинувача приймають, виходячи з практичного досвіду або визначають розрахунком. Критичний (гасильний або тушільний) діаметр отвору полум'ягасильної сітки або струменю газу в вогнеперетворювачі визначається по формулі [14]:

$$d_{kp} = \frac{4\lambda(t_{cc} - t_n)}{\omega[q_n - C_p(t_r - t_{cn})]}, \quad M \quad (4.11)$$

де λ - теплопровідність горючої суміші, Дж/(м*с*град.);

t_{cc} - температура самоспалахування пари або пилу °С;

t_n - початкова температура суміші °С;

ω - швидкість горіння суміші, м/с;

q_n - кількість тепла, що виділяється при згоранні 1м³ суміші, Дж/м³;

C_p - теплоємність продуктів горіння, Дж/(м³*град.);

t_r - температура горіння °С.

					РМ 22.01. ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для підвищення надійності гасіння полум'я діаметр отвору приймається на 20-25% менше обчисленого критичного діаметру. На особливо відповідальних ділянках газопроводів, газоходів, пилопроводів в поєднанні з вогнеприпинувачами встановлюють розривні мембрани. Рекомендується також застосовувати автоматичні системи відсікання полум'я механічної або гідравлічної дії (перекриття заслінками газопроводу, подача води для охолодження).

					<i>PM 22.01. ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

5. КОМПОНОВКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ

Між промисловою зоною і житловим масивом передбачається санітарно-захисна зона, розміри якої вибираються відповідно до «Санітарних норм проектування промислових підприємств».

Основою для компоновки установки служать: технологічна схема, специфікація технологічного устаткування і технологічного завдання на розробку всіх суміжних частин проекту.

На відкритих майданчиках апаратура встановлюється або на етажерках залізобетонних або металевих або самостійно на індивідуальних або групових фундаментах. Апарати малого діаметру і великої висоти встановлюються на етажерках. При цьому [12]:

1. все важке і громіздке устаткування при можливості встановлюється на відмітці землі з таким розрахунком, щоб не обважнювати конструкцію етажерок, на яких встановлюється устаткування;
2. опорні пристрої застосовуються типові із збірного залізобетону;
3. максимально використовується здатність стінок великомасштабних апаратів - пристрій майданчиків для обслуговування кришок, люків, штуцерів для завантаження і вивантаження насадки, арматури, приладів і т.п., закріплених на самих апаратах.

Таке розташування апаратів безпосередньо і на інших спорудах або над технологічним устаткуванням значно скорочує площу забудови. При цьому скорочується протяжність забудови.

					<i>РМ 22.01. ПЗ</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Компоновка технологічного обладнання</i>	<i>Літ.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розроб.</i>		<i>Харченко А.А.</i>						
<i>Перев.</i>		<i>Целищев О.Б.</i>						
<i>Консульт.</i>								
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затв.</i>		<i>Суворін О.В.</i>				<i>СНУ ім. В.Даля гр. ТОР-19дм</i>		

6. ЕКОЛОГІЯ ТА ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

6.1 Фізико-географічна та кліматична характеристика майданчика

В якості потенційного місця розташування обрано ПрАТ «Северодонецьке об'єднання Азот». Територія Северодонецького ЗАТ «Азот» належить до східної степової зони України. Площа м. Северодонецька складає 2770 га.

В регіоні знаходяться високоякісне вугілля, вапняк, крейда, глина та інші природні будівельні матеріали.

Ґрунти – чорнозем, що привозиться з інших місць. Такий ґрунт має високу вологу, високий вміст гумінових кислот, невелику родючість. Забруднення ґрунтів відбувається через атмосферне повітря, очисні споруди ЗАТ «Азот» та інших підприємств. Промисловопобутові звалища також наносять шкідливий вплив.

До поверхневих водоймищ відносять річки: Северській Донець і Борова, куди скидають шкідливі відходи підприємства та комунальне господарство міста. Тому весь час слідкують за вмістом води.

Підземні води також забруднені шляхом фільтрації з відстійників і очисних споруд, змиву пестицидів і мінеральних добрив.

Рослинність міста також пошкоджена через низький рівень ґрунтових вод та високий вміст діоксида сірки.

Середньорічна швидкість вітру 3-4 м/с. Зафіксована максимальна швидкість вітру – 28 м/с.

Середньорічна кількість опадів 490-500 мм (максимальна кількість – 550 мм).

Відносна вологість повітря складає 71-73 %.

					<i>РМ 22.01. ПЗ</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Екологія та охорона навколишнього середовища</i>	<i>Літ.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розроб.</i>		<i>Харченко А.А.</i>						
<i>Перев.</i>		<i>Целищев О.Б.</i>						
<i>Консульт.</i>								
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затв.</i>		<i>Суворін О.В.</i>				<i>СНУ ім. В.Даля гр. ТОР-19дм</i>		

6.2 Характеристика навколишнього природного середовища і оцінка впливу на нього

6.2.1 Характеристика джерел утворення відходів, їх склад і властивості

У виробництві формальдегіду утворюються газоподібні відходи, стічні води, рідкі та тверді відходи. Перелік і кількість відходів вказані в таблиці 6.1

Таблиця 6.1 – Відходи виробництва формальдегіду [19].

Найменування відходів	Кіл-сть	Засіб утилізації
1. Параформ, кг	0,049	Вивозиться в хімнакопичувач
2. Стічні води CH_2O не більше 100 мг/л	0,086	
3. Газовий конденсат, кг	19	Термічне знешкодження
У т.ч. ($\text{CH}_3\text{OH} + \text{CH}_2\text{O}$)	5,7	
інше H_2O		
4. Газоподібні відходи, m^3	580 ÷ 300	Термічне знешкодження в цеху ПіОК
Склад % об'єм.:		
Z 0,2 ? 3		
Z_2 2 ÷ 7		
H_2 12 ÷ 26		
O_2 0,1 ÷ 1,0		
CH_3VIN до 4,22		
CH_2O до 0,05		
CH_2O до 0,05		
H_2O 2 ÷ 5		
N_2 50 ÷ 70		

6.3 Методи і засоби контролю за станом повітряного басейну і дотримання нормативів ГДВ

Контроль за якістю навколишнього природного середовища забезпечує сприятливе екологічне оточення для всієї біосфери.

Нормування гранично допустимих концентрацій (ГДК) є складовою частиною основ забезпечення санітарно-епідеміологічного благополуччя населення. Нормативи ГДК речовин дають екологічну і соціально-гігієнічну оцінку стану навколишнього природного середовища, але не вказують на джерело шкідливої дії і не регулюють його поведінку. Цю функцію виконують нормативи гранично допустимих викидів (ГДВ) шкідливих речовин.

Нормативи ГДВ забруднюючих речовин у атмосферне повітря встановлюються за джерелами викидів для кожного проектного і діючого об'єкту, що є стаціонарним джерелом забруднення повітряного басейну.

ГДВ – маса речовини, що викидається в атмосферу в одиницю часу. ГДВ встановлюють з умови, що викиди шкідливих речовин від даного джерела в сукупності з іншими джерелами не створюють приземну концентрацію, що перевищує ГДК за межами санітарно-захисної зони об'єкту [19].

6.3.1 Розрахунок ГДВ

Величина ГДВ для викиду CH_3OH з одиночного джерела з круглим горлом у разі, коли фонові концентрації даної домішки встановлені незалежно від швидкості і напрямку вітру, і є постійною на території міста, розраховується за формулою [18]:

$$ГДВ = \frac{(ГДК - C_{\phi}) \cdot H^2 \cdot \sqrt[3]{V_1 \cdot \Delta T}}{A \cdot F \cdot m \cdot n \cdot \eta}, \quad (6.1)$$

де $ГДК$ – гранично допустима концентрація забруднюючої речовини в атмосферному повітрі населених місць, $ГДК_{(\text{CH}_3\text{OH})} = 0,085 \text{ мг/м}^3$;

					РМ 22.01. ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

C_ϕ – фонові концентрації домішки, яка встановлена незалежно від швидкості і напрямку вітру і є постійною на території міста, приймаємо C_ϕ (CH3OH) = 0,017 мг/м³;

A – коефіцієнт, що залежить від температури стратифікації атмосфери, на території України $A = 160$;

F – безрозмірний коефіцієнт, що враховує швидкість осідання забруднюючих речовин у атмосфері, для газоподібних речовин $F = 1$;

H – висота джерела викиду, $H = 150$ м;

ΔT – різниця між температурою газу і температурою повітря;

$$\Delta T = 458 - 293 = 165 \text{ К};$$

m, n – безрозмірні коефіцієнти, що враховують умови виходу газоповітряної суміші з гирла джерела викиду;

η – коефіцієнт, що враховує вплив рельєфу на розсіювання домішок, $\eta = 1$;

V_1 – об'єм газоповітряної суміші, визначається по формулі:

$$V_1 = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot \omega_0, \quad (6.2)$$

де D – діаметр гирла джерела викиду, $D = 2,4$ м;

ω_0 – середня швидкість виходу суміші з джерела:

$$\omega_0 = \frac{V_{\text{вик}}}{S_{\text{пер}}}, \quad (6.3)$$

де $V_{\text{вик}}$ – об'ємна витрата викиду, м³/с;

$S_{\text{пер}}$ – площа перетину гирла джерела викиду, м²:

$$S_{\text{пер}} = \frac{3,14 \cdot (2,4)^2}{4} = 4,52 \text{ м}^2$$

$$\omega_0 = \frac{30,913}{4,52} = 6,84 \text{ м/с}$$

$$V_1 = \frac{3,14 \cdot 2,4^2}{4} \cdot 6,84 = 30,93 \text{ м}^3/\text{с}$$

$$m = \frac{1}{0,67 + 0,1 \cdot \sqrt{f} + 0,34 \cdot \sqrt[3]{f}} \quad (6.4)$$

						РМ 22.01. ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

$$f = 10^3 \cdot \frac{\omega_0^2 \cdot D}{H^2 \cdot \Delta T} \quad (6.5)$$

$$f = 10^3 \cdot \frac{6,84^2 \cdot 2,4}{150^2 \cdot 165} = 0,03025$$

$$m = \frac{1}{0,67 + 0,1 \cdot \sqrt{0,03025} + 0,34 \cdot \sqrt[3]{0,03025}} = 1,26$$

$$V_m = 0,65 \cdot \sqrt[3]{\frac{V_1 \cdot \Delta T}{H}} \quad (6.6)$$

$$V_m = 0,65 \cdot \sqrt[3]{\frac{30,93 \cdot 165}{150}} = 2,11$$

Оскільки $V_m > 2$, то $n = 1$;

$$ГДВ = \frac{(0,085 - 0,017) \cdot 150^2 \cdot \sqrt[3]{30,93 \cdot 165}}{160 \cdot 1 \cdot 1,26 \cdot 1 \cdot 1} = 130,66 \text{ мг/м}^3$$

Максимальна приземна концентрація забруднюючої речовини визначається по формулі:

$$C_m = \frac{A \cdot ГДВ \cdot F \cdot m \cdot n}{H^2 \cdot \sqrt[3]{V_1 \cdot \Delta T}} \quad (6.7)$$

$$C_m = \frac{160 \cdot 130,66 \cdot 1 \cdot 1,26 \cdot 1}{150^2 \cdot \sqrt[3]{30,93 \cdot 165}} = 0,068 \text{ мг/м}^3$$

Необхідно виконувати умову: $C_m < ГДК$

Оскільки $0,068 \text{ мг/м}^3 < 0,085 \text{ мг/м}^3$, то умова виконується.

6.4 Методи боротьби проти забруднення навколишнього середовища

Можна виділити наступні основні напрямки в здійсненні екологічно чистих технологічних процесів, у тому числі нафтохімічних і хімічних.

1) комплексне використання і глибока переробка сировини. Виробництво повинне бути як можна менш ресурсномістким (ресурсозберігаючі технології), здійснюватися з мінімумом витрат сировини і реагентів на одиницю

					<i>РМ 22.01. ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

продукції. Напівфабрикати, що утворюються, повинні передаватися як сировину іншим виробництвам і цілком перероблятися.

2) оптимальне використання енергії і палива. Виробництво повинне здійснюватися при мінімальних витратах енергії і палива на одиницю продукції (енергозберігаючі технології) і, отже, теплові забруднення навколишнього середовища також мінімальні. Енергозбереженню сприяють: укрупнення і енерготехнологічне комбінування процесів; перехід на безперервні технології; удосконалювання процесів поділу; застосування активних і селективних каталізаторів, що дозволяють проводити процеси при знижених температурах і тисках; раціональна організація й оптимізація теплових схем рекуперації енергетичного потенціалу потоків, що відходять; зниження гідравлічного опору в системах і втрат тепла в навколишнє середовище і т.п. Нафтопереробні і нафтохімічні підприємства є великими споживачами палива й енергії. У їхньому енергетичному балансі на долю прямого палива приходиться - 43-45%, теплової енергії - 40-42% і електричної - 13-15%. Корисне використання енергетичних ресурсів не перевищує 40-42% , що приводить до перевитрати палива й утворенню теплових викидів у навколишнє середовище;

3) створення принципове нових маловідхідних технологічних процесів. Цього можна домогтися удосконалюванням каталізаторів, техніки і технології виробництв. Маловідхідні процеси більш ефективні, чим процеси з дорогими очисними спорудженнями. Економічніше одержувати невелику кількість сильно концентрованих відходів, які можна переробляти або ліквідувати за спеціальною технологією, чим великий обсяг сильно розведених відходів, що скидаються в біосферу.

4) створення і впровадження замкнутих систем водокористування, що включають (або зводять до мінімуму) споживання свіжої води і скидання стічних вод у водойми;

5) забезпечення високої експлуатаційної надійності, герметичності і довговічності функціонування устаткування і всіх систем виробництв. Зведення

					<i>PM 22.01. ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

до мінімуму або виключення імовірності аварій, вибухів, пожеж і викидів отруйних речовин у навколишнє середовище. Розробка автоматизованих систем забезпечення екологічної безпеки виробництв і комплексів;

б)забезпечення високої якості цільових продуктів, використовуваних у народному господарстві. Екологічно чистими повинні бути не тільки самі технологічні процеси, але і товарні продукти, що випускаються в них.

Заходи, що забезпечують охорону водних ресурсів і повітряного басейну:

- Складські ємності для зберігання формаліну й метанолу герметичні. Вони оснащені засобами автоматичного контролю рівня й примусової сигналізації по максимальному рівні, що виключають перелив.

- Сховища формаліну й метанолу розміщені в піддонах з отбортовкой, які облицьовані кислототривкою плиткою.

- У випадку протоки метанолу через розгерметизацію сховища, останній відкачується заглибним насосом у збірник з наступною відкачкою на базисний склад ректифікації метанолу.

- Для зменшення забруднень повітряного середовища парами метанолу й формальдегіду при «подиху» сховищ і при затоці ЖДЦ і автоцистерн, що витісняються з них пари перед викидом проходять очищення в промивній колоні.

- Для зменшення забруднень повітряного середовища шкідливими речовинами газу, що відходять, виробництва формаліну направляються на спалювання в котельню цеху ПіОК.

- Стічні води, що утворюються у виробництві формаліну, збираються в збірник промгязних стічних вод, звідки насосом після усереднення відкачуються в цех НОПС на нейтралізацію.

- Рівні в збірниках і дренажних ємностях формаліну, метанолу й промгязних стоків контролюються рівнемірами зі світловою й звуковою сигналізацією по верхній межі.

					<i>PM 22.01. ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

7. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ РОЗРАХУНКИ

При проведенні техніко-економічних розрахунків, за базу приймається зразок калькуляції собівартості формальдегіду для установки виробництва, що працювала на ПрАТ «Севєродонецьке об'єднання Азотб'єднання АЗОТ» цех виробництва формаліна. В наявності є вихідні дані на 2008 р., тому обчислення техніко-економічних показників відбувалось в цінах того року.

Плановий річний об'єм випуску продукції – 45000 т/рік;

Годинна продуктивність устаткування – 2,56 т/год;

Фонд календарного часу – 8760 год;

Сумарна тривалість ремонтних простоїв протягом року – 360 годин;

Чисельність персоналу цеху складає 164 осіб,

у т.ч. основні робочі 137 осіб;

Вартість основних виробничих фондів цеху складає 17426448,5грн;

Відпускна ціна формаліну – 1250грн/т

Дані калькуляції діючого виробництва формальдегіду наведені у таблиці

7.1

					<i>РМ 22.01. ПЗ</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Харченко А.А.</i>			<i>Техніко-економічні розрахунки</i>	<i>Літ.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перев.</i>		<i>Целищев О.Б.</i>						
<i>Консульт.</i>								
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затв.</i>		<i>Суворін О.В.</i>						
						<i>СНУ ім. В.Даля гр. ТОР-19дм</i>		

7.1 - Дані калькуляції діючого (умовно) виробництва

Таблиця 7.1 - Дані калькуляції діючого (умовно) виробництва формальдегіду станом на 2008 рік

Найменування статті витрат	Одиниця вимірювання	Витрата на одиницю		
		Кількість	ціна	сума
<i>Напівфабрикати</i>				
Вода глибокообезсілена	м ³	0,3600	10,58	3,81
Азотна кислота 20%	кг	0,0150	0,33	0,01
Надсмольна вода	Тн	0,0400	58,20	2,32
Оцтова кислота синтетична	кг	0,0006	2,14	
Метанол-сирець очищений	кг	528,00	1,60	843,10
<i>Разом напівфабрикати</i>				849,24
<i>Допоміжні матеріали</i>				
Пемза кускова	кг	0,0500		
Срібло азотнокисле	гр	0,13400	1,29	0,17
Мішки поліпропіленові	шт	0,0040	1,43	0,01
<i>Разом допоміжні матеріали</i>				0,18
<i>Разом з відрахуванням поворотніх відходів</i>				849,42
<i>Енерговитрати</i>				
Очистка пром-грязного стоку	м ³	0,4000	2,77	1,11
Повітря технологічне середн.	м ³	0,5000	0,08	0,04
Пар технологічний	ГКал	0,1200	160,60	19,27
Електроенергія	Квтч	43,0000	0,43	18,53
Пріродний газ (паливо)	м ³	3,0000	1,24	3,71
Холод	ГКал	0,0370	434,65	16,08
Азот чистий	м ³	13,0000	0,25	3,2
Вода оборотна ВОЦ -4	м ³	58,0000	0,25	14,52
<i>Разом енерговитрати</i>				76,56
Заробітна плата основна				9,35
Нарахування на зарплату				3,54
Загальновироб. витрати (ВУЕУ)				18,34
Ам. устаткування и ТС				2,86
Загальновироб. витрати (цех)				17,36
Ам. основних засобів ОХН				2,60
<i>Виробнича собівартість</i>				974,57

7.2. Проектовані організаційно-технічні заходи

У данному дипломному проекті пропонується використовувати новий каталізатор окислювального дегідрування метанолу у формальдегід. При одночасному використанні як каталізатор «срібло на пемзі» і «чисте срібло» показники процесу збільшаться (підвиситься селективність процесу), а втрати дорогоцінного металу при утилізації «срібла на пемзі» зменшаться.

Очікується наступна зміна показників:

- на діючому виробництві витрата срібла 35%-го каталізатора - 0,134 грам на 1тону формальдегіда;

у запропонованому 6% каталізаторі, витрата срібла знижена до 0,02297 грам на 1тону формальдегіда;

- введення нового каталізатору дозволяє зменшити витрату метанолу для отримання 1000кг фромальдегиду з 528 кг до 496 кг.

Для безперервного процесу отримання формальдегіду розрахунок річної виробничої потужності наводиться нижче.

7.3 Проектна потужність і об'єм випуску продукції

Для безперервних хімічних процесів розрахунок річної виробничої потужності визначається за формулою :

$$M_p = N * q_g * T_{ef} , \text{ т/рік} \quad (7.1)$$

де M_p – величина річної виробничої потужності;

N – кількість паралельно працюючих однойменних одиниць устаткування;

q_g – годинна продуктивність устаткування;

T_{ef} – ефективний фонд робочого часу устаткування.

					РМ 22.01. ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

де T_k - фонд календарного часу: для безперервних виробництв 8760 год;

$T_{рем}$ – планова сумарна тривалість ремонтних простоїв в перебігу року;

$T_{техн}$ – тривалість технологічних простоїв, що регламентується, за рік:

$$T_{ef} = 8760 - 360 = 8400 \text{ год}$$

Річна виробнича потужність:

$$M_p = 2 * 2,56 * 8400 = 45008 \text{ т/рік}$$

Приймаємо річну виробничу потужність 45000 т/рік

Річний об'єм проєктованого виробництва (Q_1) приймаємо на рівні розрахованої річної виробничої потужності (M_p):

$$M_p = Q_1 \quad (7.3)$$

При цьому відбувається зростання випуску продукції (ΔQ) в порівнянні з діючим виробництвом (Q_0).

Індекс потужності підприємства визначається за формулою:

$$I_Q = \frac{Q_1}{Q_0},$$

$$I_Q = 43000 / 43000 = 1$$

Визначаємо величину ΔQ :

$$\Delta Q = Q_1 - Q_0, \quad (7.4)$$

$$\Delta Q = 0$$

					<i>PM 22.01. ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

7.4 Розрахунок зміни собівартості продукції

7.4.1 Розрахунок індексів зміни витрат

У даному розділі, з урахуванням упроваджуваних заходів, розраховуються індекси зміни витрат і затрат в послідовності їх використання в аналізі зниження собівартості по калькуляційних статтях.

Індекси зміни питомої витрати окремих видів матеріально-сировинних і енергетичних ресурсів розраховуються як відношення показників питомої витрати після впровадження заходу (q_1) до їх базових (q_0) значень:

$$I^p = \frac{H_{p1}}{H_{p0}} \quad (7.5)$$

$$I^p_{(кат)} = \frac{0,02297}{0,1340} = 0,1714$$

$$I_{мет.}^p = \frac{496}{528} = 0,9394$$

де H_{p0} , H_{p1} -норми витрат окремих видів матеріально-сировинних ресурсів енергетичних ресурсів на виробництво одиниці продукції до і після впровадження заходів проекту.

Аналогічно визначаються індекси зміни цін на окремі види матеріально-сировинних і енергетичних ресурсів [17]:

$$I^c = \frac{Ц_1}{Ц_0} \quad (7.6)$$

$$I^c_{(кат)} = \frac{1,29}{1,29} = 1$$

$$I^c_{(мет)} = \frac{1,6}{1,6} = 1$$

При зміні витрат по окремих елементах кошторису «Витрати на утримання та експлуатацію устаткування» в результаті впровадження проєктованих заходів індекс зміни річних витрат по статті (I^{BYEY}) визначаються за формулою :

					РМ 22.01. ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$I^{BYEY} = \frac{C_{OB1}}{C_{OB0}} \quad (7.7)$$

де C_{OB0}, C_{OB1} - вартість устаткування підприємства до і після впровадження заходів проекту відповідно.

Оскільки впровадження проєктованих заходів не приводить ні до зміни чисельності основного виробничого персоналу (I_N), ні до зміни його середньої заробітної платні (I_3), та річних витрат по статті (I^{BYEY}), а також не приводить до зміни річних загальновиробничих витрат (I_{zar}), відповідні індекси зміни рівні 1 ($I_N = I_3 = I_{zar} = I^{BYEY} = 1$). Також впровадження проєктованих заходів не приводить до зміни питомих витрат і цін на всі види енергетичних ресурсів, індекси зміни їх питомих витрат і цін рівні 1 ($I_{c(e)}^p = I_{c(e)}^u = 1$).

7.4.2 Аналіз зміни собівартості

Розрахунок проводиться по калькуляційних статтях з урахуванням зміни їх окремих елементів:

По умовно - змінних статтях калькуляції «Напівфабрикати» та «Допоміжні матеріали», залежно від проєктованої зміни питомої витрати на окремі види ресурсів розрахунок зниження повної собівартості продукції проводиться відповідно до залежності [17]:

$$\Delta C_i = 100 \times (I^p \times I^u - 1) \times d_{cm} \times d_i, \quad (7.8)$$

де ΔC_i - зниження повної собівартості за рахунок зміни питомої витрати і-го виду матеріально-сировинного або енергетичного ресурсу, %
 d_{cm} - питома вага статті витрат в повній собівартості продукції на діючому виробництві;

d_i - питома вага витрат на і-й вид ресурсів в статті витрат.

Зниження повної собівартості у вартісному еквіваленті розраховується відповідно до залежності:

					<i>PM 22.01. ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

$$\Delta C_i = \frac{C_0 \times \Delta C_{i(\%)}}{100}, \quad (7.9)$$

де C_0 – повна собівартість одиниці продукції на діючому виробництві, грн./т.

$$\Delta C_{мет.} = 100 * (0,9394 * 1 - 1) * 0,8714 * 0,993 = -5,244\%$$

$$\Delta C_{мет} = \frac{974,57 * (-5,244)}{100} = -51,10 \text{ грн / т}$$

$$\Delta C_{кат} = 100 * (0,1714 * 1 - 1) * 0,000185 * 0,94 = -0,01441\%$$

$$\Delta C_{кат} = \frac{974,57 * (-0,01441)}{100} = -0,14 \text{ грн / т}$$

Оскільки індекси зміни чисельності основного виробничого персоналу, середньої заробітної платні, загальновиробничих витрат рівні 1 ($I_N = I_z = I_{заг} = 1$), а також індекси зміни витрат і цін на всі види енергетичних ресурсів рівні 1 ($I_{c(э)}^p = I_{c(э)}^u = 1$), то зміна повної собівартості продукції, по статтях калькуляції: «Зарплата основних робочих з відрахуваннями», «Загальновиробничі витрати», «Енерговитрати», дорівнюють нулю.

Результати розрахунків зводяться в таблицю 7.2.

Таблиця 7.2 – Зміна повної собівартості продукції

Статті витрат	Витрати в діючому виробництві		Зміна витрат		Витрати в проектованому виробництві грн./т
	грн./т	пит.вага	%	грн./т	
Основні матеріали та напівфабрикати	849,24	0,8714	-5,244	-51,10	798,14
у т.ч. метанол	843,10	0,8651	-5,244	-51,10	792
Допоміжні матеріали	0,18	0,00018	-0,0144	-0,140	0,04
у т.ч. срібло	0,17	0,00017	-0,0144	-0,140	0,03
Енерговитрати	76,56	0,07856			76,56

					РМ 22.01. ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Заробітна плата основна	9,35	0,00959			9,35
Начислення на заробітну плату	3,54	0,00363			3,54
Загальновиробничі витрати(ВУЕУ)	18,34	0,01881			18,34
Загальновиробничі витрати(цех)	17,36	0,01781			17,36
Виробнича собівартість	974,57	1	-5,258	-51,24	923,13

У результаті впровадження проектованих заходів собівартість формальдегіду зменшиться на 5,258% або на 51,44 грн/т

7.5 Розрахунок техніко-економічних показників

1. Річний об'єм виробництва метанолу-сирцю:

- у натуральному виразі:

у діючому виробництві $Q_0=45000\text{т}$

у проектованому виробництві $Q_1=45000\text{т}$

- у вартісному виразі:

у діючому виробництві $Q_0=1250*45000=53750$ тис грн

у проектованому виробництві $Q_1=1250*45000=53750$ тис грн

2. Чисельність працюючих:

у діючому виробництві $N_0=164$ особа

у проектованому виробництві $N_1=164$ особа

у т.ч. основних робочих:

у діючому виробництві $N_0=137$ осіб

у проектованому виробництві $N_1=137$ осіб

3. Вартість основних виробничих фондів цеху складає:

у діючому виробництві $\Phi_0=17426448,5$ грн

					<i>PM 22.01. ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

у проектованому виробництві $\Phi_1 = 17426448,5$ грн

4. Продуктивність праці працюючих, розраховується по формулі [17]:

$$P_n = \frac{Q_p}{N}, \quad (7.9)$$

де Q_p - річний об'єм виробництва продукції, в натуральному виразі.

N - чисельність працюючих осіб.

у діючому виробництві $P_{T_0} = 45000/164 = 262$ т/люд;

у проектованому виробництві $P_{T_1} = 45000/164 = 262$ т/люд.

5. Фондовіддача, розраховується по формулі [17]:

$$f = \frac{Q_p}{\Phi}, \quad (7.10)$$

де Q_p - річний об'єм виробництва продукції, у вартісному виразі.

у діючому виробництві :

$$f_0 = (43000 * 1250) / 17426448,5 = 3,085 \text{ грн/грн};$$

у проектованому виробництві:

$$f_1 = (43000 * 1250) / 17426448,5 = 3,085 \text{ грн/грн}.$$

6. Собівартість виробництва продукції:

у діючому виробництві $C_0 = 974,57$ грн/т;

у проектованому виробництві $C_1 = 923,13$ грн/т.

7. Прибуток на одиницю виробленої продукції, що розраховується по формулі [17]:

$$P_{од} = Ц - С \quad (7.11)$$

де $Ц$ - ціна одиниці виробленої продукції, грн./т.

у діючому виробництві: $P_{од0} = 1250 - 974,57 = 275,43$ грн/т;

у проектованому виробництві: $P_{од1} = 1250 - 923,13 = 326,87$ грн/т.

8. Річний прибуток від виробленої продукції, що розраховується по формулі [17]:

$$П = P_{од} - Q \quad (7.12)$$

					<i>РМ 22.01. ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

де Q–річний обсяг виробленої продукції підприємства у натуральному виразі, фіз.од.

у діючому виробництві: $\Pi_0=275,43*43000=11843490$ грн;

у проектованому виробництві: $\Pi_1= 326,87*43000=14055410$ грн.

9. Рентабельність витрат виробництва продукції, що розраховується по формулі [17]:

$$P = \frac{\Pi}{C} \times 100, \quad (7.13)$$

у діючому виробництві: $P_0=(275,43/974,57)*100=28,26\%$;

у проектованому виробництві: $P_1=(326,87/923,13)*100=35,41\%$.

10.Рентабельність основних виробничих фондів , що розраховується по формулі [17]:

$$P_{\phi} = \frac{\Pi}{\Phi} \times 100, \quad (7.14)$$

у діючому виробництві: $P_{\phi 0}=(11843490/17426448,5)*100= 67,96\%$;

у проектованому виробництві:

$P_{\phi 1}=(14055410/17426448,5)*100=80,66\%$.

11.Річний економічний ефект від:

- зниження собівартості [17]:

$$E_p(\Delta C)= \Delta C*Q_1 \quad (7.15)$$

$E_p(\Delta C)= (923,13-974,57)*43000= -2211920$ грн

Зміна показників: [17]:

$$Зміна = \frac{(Проектоване - Діюче)}{Проектоване} * 100 \% \quad (7.16)$$

Розраховані техніко-економічні показники зведені в таблицю 8.3

					РМ 22.01. ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 7.3 - Техніко-економічні показники

Показники	Одиниці вимірювання	Діюче виробництво	Проектоване виробництво	Зміна показників, %
Річний об'єм виробництва продукції	т	45000	45000	—
Чисельність робітників цеху	осіб	164	164	—
Продуктивність праці робітників цеху	т/люди	262	262	—
Собівартість продукції	грн/т	974,57	923,13	-5,57
Прибуток на одиницю продукції	грн/т	275,43	326,87	15,74
Основні фонди	грн	17426448,5	17426448,5	—
Фондовіддача	грн/грн	3,085	3,085	—
Рентабельність витрат на виробництво	%	28,26	35,41	7,15
Річний економічний ефект від зниження собівартості:	тис грн		2211,92	

У результаті впровадження нового каталізатора, річний економічний ефект при обсязі виробництва 45000 т/рік становить 2211920 грн.

					<i>PM 22.01. ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

ВИСНОВКИ

У даному дипломному проекті проведений аналіз усіх існуючих способів отримання формальдегіду, на підставі якого був вибраний найбільш ефективний і економічний – отримання формальдегіду методом окислювального дегідрування метанолу на срібному катализаторі при тиску не більше 0,06 МПа. Описані теоретичні розрахунки даного методу, приведена характеристика сировини, реагентів, цільового продукту.

Розрахункова частина представлена розрахунками матеріального і теплового балансів, розрахунком витратних коефіцієнтів. На підставі цих розрахунків проведений розрахунок основного технологічного устаткування (контактного апарата) і допоміжного устаткування (теплообмінник контактного апарата, спиртовипарювач), виконаний економічний розрахунок і розрахунки по охороні праці і цивільній оборони.

Графічна частина представлена кресленням технологічної схеми і кресленнями: «Контактний апарат», «Спиртовипарювач», «Матеріальний баланс», «Компоновка устаткування», «Техніко-економічні показники».

У розділі «Охорона праці, навколишнього середовища, протипожежний захист» перераховані вимоги і заходи щодо охорони праці і пожежної безпеки, охорони навколишнього середовища. Виконані розрахунки електробезпеки і освітлення приміщення. У розділі «Цивільна оборона», перераховані основні техногенні небезпеки на виробництві, способи і заходи щодо забезпечення підвищення стійкості об'єкту у надзвичайних ситуаціях, перераховані індивідуальні і колективні засоби захисту. Виконаний розрахунок можливої величини руйнувань при вибуху спиртовипарювача. У економічному розділі виконаний розрахунок виробничої потужності виробництва, техніко-економічних показників і річної економічної ефективності.

					<i>PM 22.01. ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

SUMMARY

In this diploma project the analysis of all existing methods of formaldehyde production is carried out, on the basis of which the most effective and economical - formaldehyde production by oxidative dehydrogenation of methanol on a silver catalyst at a pressure of not more than 0.06 MPa was chosen. Theoretical calculations of this method are described, the characteristic of raw materials, reagents, target product is resulted.

The calculation part is represented by calculations of material and heat balances, calculation of cost coefficients. On the basis of these calculations the calculation of the main technological equipment (contact device) and auxiliary equipment (heat exchanger of the contact device, alcohol evaporator) is carried out, the economic calculation and calculations on labor protection and civil defense are executed.

The graphic part is represented by the drawing of the technological scheme and drawings: "Contact device", "Alcohol evaporator", "Material balance", "Equipment layout", "Technical and economic indicators".

The section "Occupational safety, environment, fire protection" lists the requirements and measures for occupational safety and fire safety, environmental protection. Electrical safety and lighting calculations were performed. The section "Civil Defense" lists the main man-made hazards in the workplace, methods and measures to increase the resilience of the object in emergencies, lists the individual and collective means of protection. The calculation of the possible amount of damage during the explosion of the alcohol evaporator. The economic section calculates the production capacity, technical and economic indicators and annual economic efficiency.

					<i>PM 22.01. ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

ЛІТЕРАТУРА

1. Шумкова И.Н., Линькова Т.С., Земский Д.Н., Хабибрахманова О.В. Получение формальдегида на новой каталитической системе // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 2. С. 275–282. doi:10.20914/2310-1202-2018-2-275-282
2. Перспективы // The Chemical Journal. 2016. № 24.
3. Огородников С.К. Формальдегид. Л.: Химия, 1984. 280 с.
4. Тюкавкина Н.А., Бауков Ю.И. Биоорганическая химия. М.: Медицина, 1985. 190 с.
5. Грушова Е.И., Юсевич А.И., Куис О.В. Химия и технология основного органического и нефтехимического синтеза. Лабораторный практикум: учеб. пособие для студентов по специальности «Химическая технология органических веществ, материалов и изделий». Минск: БГТУ, 2011. 141 с.
6. ГОСТ 4598–86 Плиты древесноволокнистые. Технические условия.
7. Корольченко А.Я., Корольченко Д.А. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения. М.: Асс. "Пожнаука", 2004. 713 с.
8. Гигиенические нормативы ГН 2.1.5.1315 – 03. «Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования».
9. Гигиенические нормативы ГН 2.1.6.1338 – 03. «Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населённых мест».
10. Гигиенические нормативы ГН 2.2.5.1313 – 03. «Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны»

					<i>PM 22.01. ПЗ</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Література</i>	<i>Літ.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розроб.</i>		<i>Харченко А.А.</i>						
<i>Перев.</i>		<i>Целищев О.Б.</i>						
<i>Консульт.</i>								
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затв.</i>		<i>Суворін О.В.</i>				<i>СНУ ім. В.Даля гр. ТОР-19дм</i>		

11. Платэ Н.А., Сливинский Е.В. Основы химии и технологии мономеров. М.: Наука: МАИК "Наука / Интерпериодика", 2002. 696 с.
12. Бутенко А.Н., Отводенко С.Э., Русинов А.И., Савенков А.С. Исследование серебряных катализаторов получения формальдегида, нанесенных на алюмосиликатный носитель // Научные журналы НТУ "ХПИ": Интегрированные технологии и энергосбережение. 2004. № 4.
13. Ruterana P., Buffat P.A., Prairie M., Renken A. The structure of the Na₂MoO₄ catalyst for water free dehydrogenation of methanol to formaldehyde // Helvetica Physica Acta. 1989. №62. P. 227–230.
14. Meyer A., Renken A. New catalysts for the dehydrogenation of methanol to water-free formaldehyde // Proc. 9th Int. Congr. Catal. 1988. V.4. P.1898–1905
15. Усачев Н.Я., Круковский И.М., Канаев С.А. Неокислительное дегидрирование метанола в формальдегид // Нефтехимия. 2004. Т.44. С. 411
16. Чернышев, А. К. Метанол: свойства, производство, применение: Т. 2 / А. К. Чернышев, В. А. Даут, А. К. Сурба, А. В. Сиротин, В. Я. Куницкий, В. Н. Махлай, М. В. Тарарышкин, К. А. Чернышев. – М.: Инфохим, 2011. – 410 с.
17. Matthew, P. H. Surface Segregation in Iron Molybdate Catalysts / P. H. Matthew, D. S. Mervyn, M. Bowker // Catal Lett. – 2008. – № 122. – P. 210-213.
18. Инфомайн. Обзор рынка формалина (формальдегида) и формальдегидных смол в СНГ / Инфомайн. – Москва, 2008. – 106 с
19. Накрохин, Б.Г. Технология производства формальдегида из метанола / Б.Г. Накрохин, В.Б. Накрохин. – Новосибирск, 1995 – 444 с.
20. Овчиникова, Е.В. Исследование влияния параметров процесса на температурные режимы и производительность трубчатого реактора окисления метанола в формальдегид / Е.В. Овчиникова, В.А. Чумаченко, Н.Н. Валуйских // Катализ в промышленности. – 2013. – № 4. – С. 51-67.

					<i>PM 22.01. ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

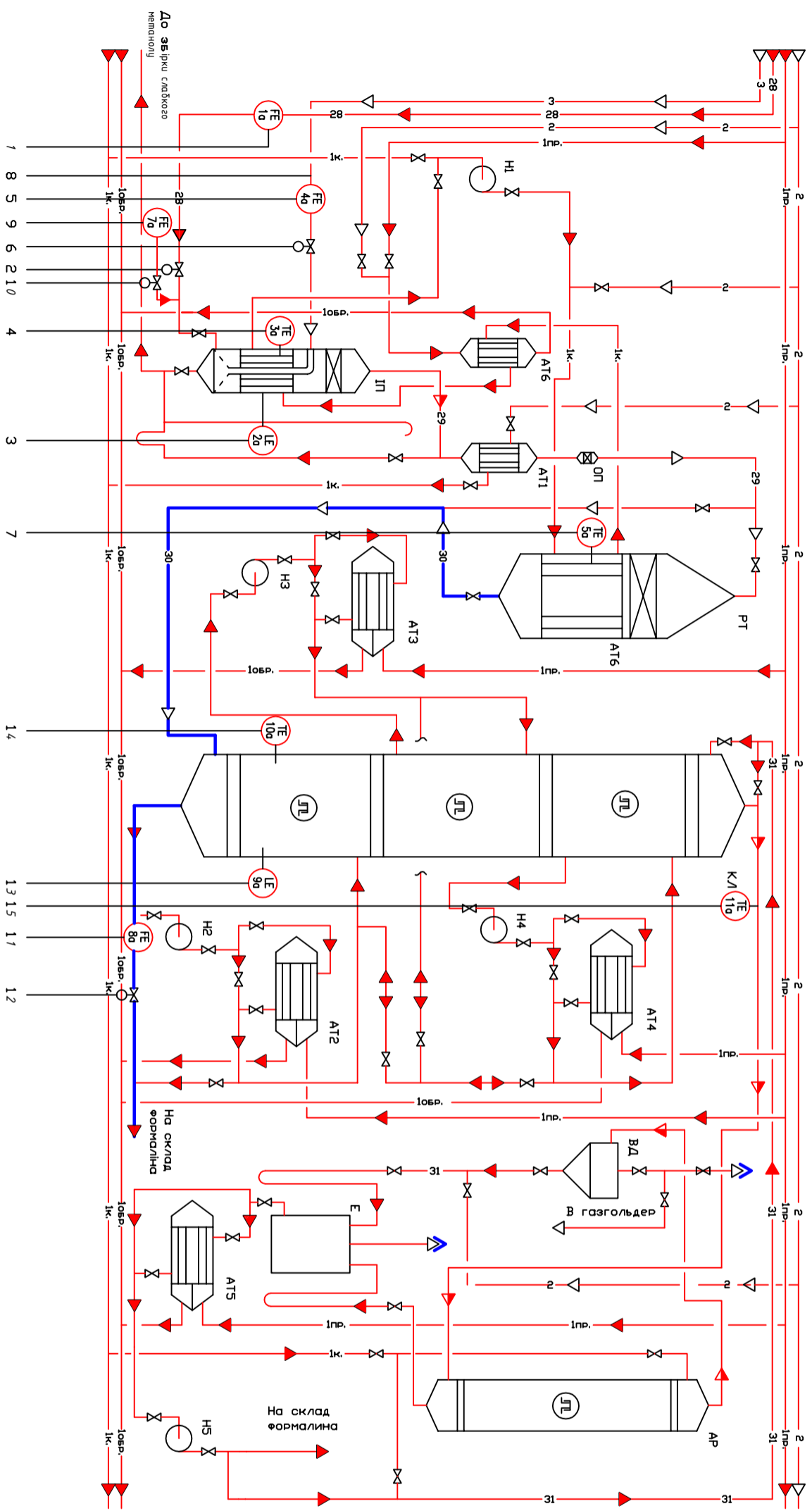
21. Kim, T.H. Selective oxidation of methanol to formaldehyde using modified iron-molybdate catalysts / T. H. Kim, B. Ramachandra, J. S. Choi [et.al.] // *Catalysis Letters*. – 2004. – V. 98. – Nos. 2-3. – P. 161-165.
22. Davydov, A.A. IR-spectroscopic investigation of the nature of surface centers and of the adsorption of methanol on an iron-molybdenum oxide catalyst / A.A. Davydov, M.L. Shepot'ko // *Teoreticheskaya i Eksperimental'naya Khimiya*. – 1990. – V. 26. – № 4. – P. 474-480.
23. Пахомов, Н.А. Научные основы приготовления катализаторов: введение в теорию и практику / Н.А. Пахомов. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2011. – 262 с.
24. Просвирин, И.П. Исследование *in situ* селективного окисления метанола в формальдегид на меди / И.П. Просвирин, Е.П. Тихомиров [и др.] // *Кинетика и катализ*. – 2003. – Т. 44. – № 5. – С. 724-730.
25. Попов, Б. И. Двухстадийное окисление метанола на серебряных и оксидных катализаторах / Б. И. Попов, Н. Г. Скоморохова, В. А. Бунев, В. С. Бабкин, Н. К. Гребенщикова // *Кинетика и катализ*. – 1986. – Т. 27. – № 5. – С. 1248-1252.
26. Пат. RU 2223939 С1, МПК С07С47/052, С07С45/29. Способ получения формальдегида / Х. В. Мустафин, Э. А. Тульчинский, Г. Ю. Милославский, Г. Г. Сибатуллин, Ф. К. Гильмутдинов / ОАО “Нижнекамскнефтехим”. – № 2002129651/04; заявл. 04.11.2002; опубл. 20.02.2004. Бюл. № 5.
27. Колесников, С.И. Твердые катализаторы и их структуры, состав и каталитическая активность / С.И. Колесников. – М.: Нефть и газ, 2000. – 372 с.
28. Soderhjelm, E. On the synergy effect in $\text{MoO}_3\text{-Fe}_2(\text{MoO}_4)_3$ catalysts for methanol oxidation to formaldehyde / E. Soderhjelm, Matthew P. House [et.al.] // *Top Catal*. – 2008. – V. 50 – P. 145-155.
29. Пат. RU 2047356 С1, МПК В01J37/04, В01J23/881, В01J103:48. Способ получения катализатора для окисления метанола в формальдегид / Т.

					<i>PM 22.01. ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Х. Шохирева, Т. М. Юрьева, М. П. Демешкина, Н. Г. Скоморохова, Л. Н. Шкуратова // Институт катализа им. Г. К. Борескова СО РАН. – № 93030648/04; заявл. 10.06.1993; опубл. 10.11.1995.

30. Пат. RU 2388536 С2, МПК В01J 23/881, В01J 37/00, В01J 37/12, С07С47/052. Способ получения катализатора окисления метанола до формальдегида / Конка Эстерино, Рубини Карло, Марки Марчелло // Зюд-Кеми Каталисте Италия С.Р.Л.(ИТ). – № 2005140268/04; заявл. 22.12.2005; опубл. 10.05.2010. Бюл. № 13.

					<i>РМ 22.01. ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

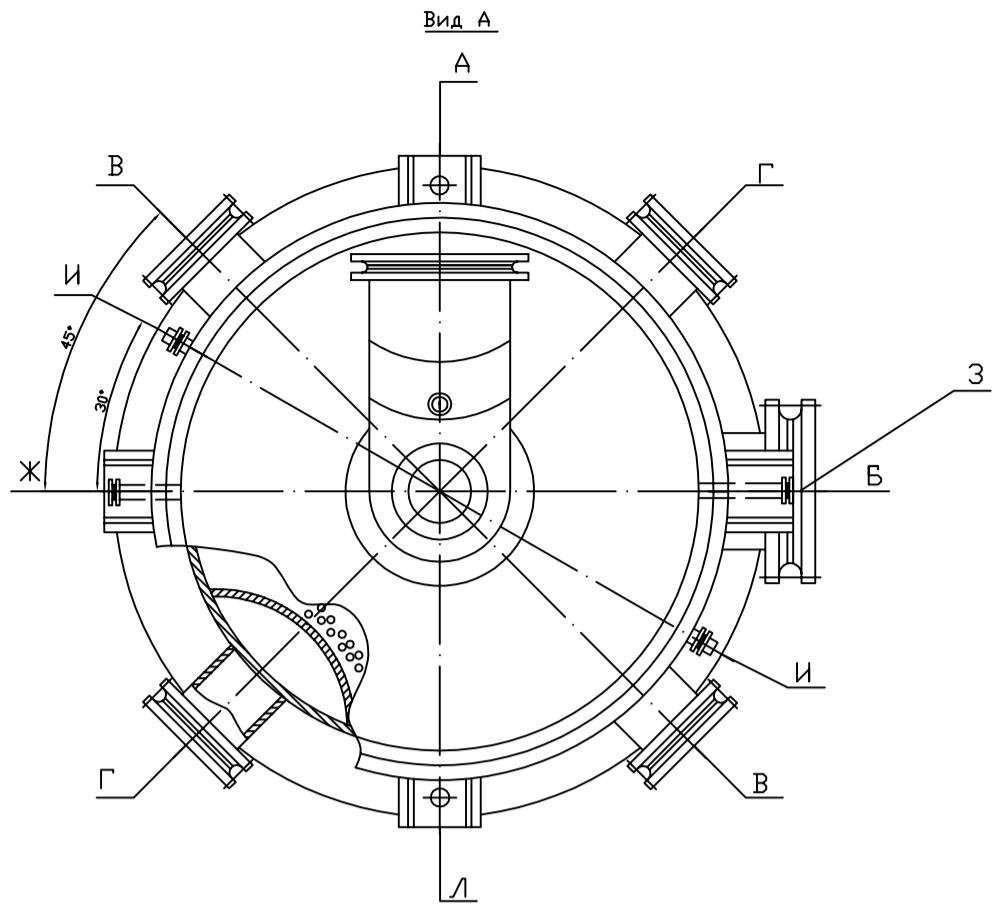
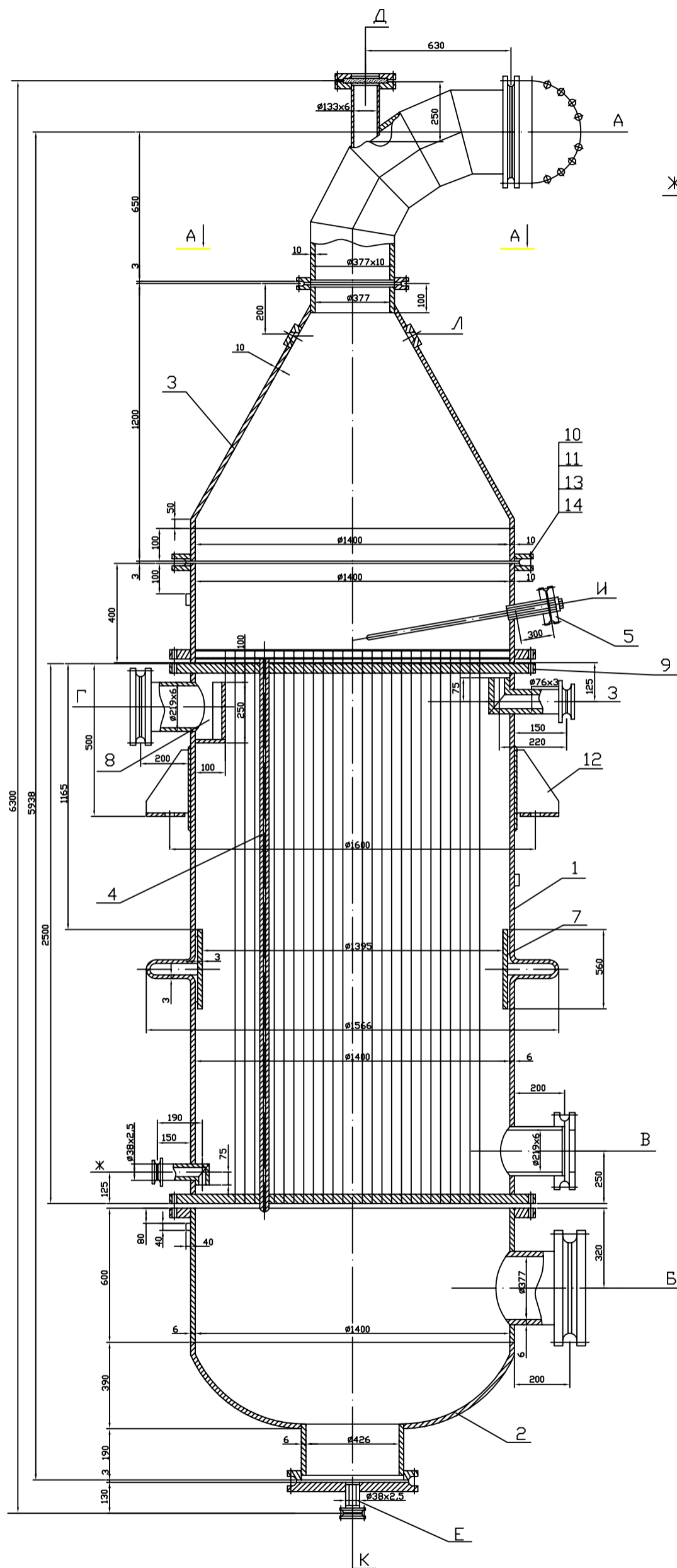


PMOT	МКУ-М	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	14
PT 1	PT 1	FT 16	FT 16	FT 26	FT 36	FT 46	FT 46	FT 56	FT 66	FT 76	FT 76	FT 86	FT 86	FT 96	FT 106	FT 116
PT 2	PT 2	E/P	E/P	E/E	E/E	E/P	E/P	E/E	E/P	E/P	E/P	E/P	E/P	E/E	E/E	E/E
TR 1	TR 1	TR 16	TR 16	TR 26	TR 36	TR 46	TR 46	TR 56	TR 66	TR 76	TR 76	TR 86	TR 86	TR 96	TR 106	TR 116
TR 2	TR 2	TR 16	TR 16	TR 26	TR 36	TR 46	TR 46	TR 56	TR 66	TR 76	TR 76	TR 86	TR 86	TR 96	TR 106	TR 116
TR 3	TR 3	TR 16	TR 16	TR 26	TR 36	TR 46	TR 46	TR 56	TR 66	TR 76	TR 76	TR 86	TR 86	TR 96	TR 106	TR 116
TR 4	TR 4	TR 16	TR 16	TR 26	TR 36	TR 46	TR 46	TR 56	TR 66	TR 76	TR 76	TR 86	TR 86	TR 96	TR 106	TR 116
TR 5	TR 5	TR 16	TR 16	TR 26	TR 36	TR 46	TR 46	TR 56	TR 66	TR 76	TR 76	TR 86	TR 86	TR 96	TR 106	TR 116
TR 6	TR 6	TR 16	TR 16	TR 26	TR 36	TR 46	TR 46	TR 56	TR 66	TR 76	TR 76	TR 86	TR 86	TR 96	TR 106	TR 116
TR 7	TR 7	TR 16	TR 16	TR 26	TR 36	TR 46	TR 46	TR 56	TR 66	TR 76	TR 76	TR 86	TR 86	TR 96	TR 106	TR 116
TR 8	TR 8	TR 16	TR 16	TR 26	TR 36	TR 46	TR 46	TR 56	TR 66	TR 76	TR 76	TR 86	TR 86	TR 96	TR 106	TR 116
TR 9	TR 9	TR 16	TR 16	TR 26	TR 36	TR 46	TR 46	TR 56	TR 66	TR 76	TR 76	TR 86	TR 86	TR 96	TR 106	TR 116
TR 10	TR 10	TR 16	TR 16	TR 26	TR 36	TR 46	TR 46	TR 56	TR 66	TR 76	TR 76	TR 86	TR 86	TR 96	TR 106	TR 116
TR 11	TR 11	TR 16	TR 16	TR 26	TR 36	TR 46	TR 46	TR 56	TR 66	TR 76	TR 76	TR 86	TR 86	TR 96	TR 106	TR 116
TR 12	TR 12	TR 16	TR 16	TR 26	TR 36	TR 46	TR 46	TR 56	TR 66	TR 76	TR 76	TR 86	TR 86	TR 96	TR 106	TR 116
TR 13	TR 13	TR 16	TR 16	TR 26	TR 36	TR 46	TR 46	TR 56	TR 66	TR 76	TR 76	TR 86	TR 86	TR 96	TR 106	TR 116
TR 14	TR 14	TR 16	TR 16	TR 26	TR 36	TR 46	TR 46	TR 56	TR 66	TR 76	TR 76	TR 86	TR 86	TR 96	TR 106	TR 116
TR 15	TR 15	TR 16	TR 16	TR 26	TR 36	TR 46	TR 46	TR 56	TR 66	TR 76	TR 76	TR 86	TR 86	TR 96	TR 106	TR 116

Умове позначення	Найменування середовища	Примітка
1к	Конденат	
1обр	Пряма вода	
2	Опалювальна вода	
3	Пара водяна	
29	Методол сирець	
30	Парогазова суміш	
31	Формальдегідний газ	

Позначення	Найменування	К-ть	Примітка
АТ1	Перегрівник	1	
АТ2-АТ4	Холодильник формальд.	3	
АТ6	Парогазовий конденсатор	1	
К/І	Поглинача колона	1	
ІП	Насос циркуляційного конденсату	1	
ІП	Спиртовипаровувач	1	
РТ	Контактний апарат	1	
АТ5	Теплообмінник циркуляційного конденсату	1	
Е	Зв'язник системи управління	1	
Н2-Н4	Насос формальд.	1	
АР	Сумішар системи управління	1	
ВД	Циркуляційний насос	1	
Н5	Насос системи управління	1	
ОП	Запобіжник	1	

Лист	1	Листів	1
Масштаб		Масштаб	
Дата		Дата	
Проектант	М. Сидоренко	Проєктувальник	М. Сидоренко
Перевірив	С. Шевченко	Перевірив	С. Шевченко
Лист	1	Листів	1
Виробничо-формативна	СНУ ім. В. Даля	Виробничо-формативна	СНУ ім. В. Даля
позначення	45 тис. т/рік	позначення	45 тис. т/рік



Таблиця штуцерів

Об'єкт	Найменування	Кол.	Dу мм	Pу МПа
А	Введення газу	1	350	0,6
Б	Виведення газу	1	350	0,6
В	Введення води	2	200	0,6
Г	Виведення води	2	200	-
Д	Оглядове вікно	1	125	-
Е	Дренаж	1	32	0,6
Ж	Спуск	1	32	0,6
З	Для повітря	1	70	0,6
И	Для термопари	2	1	-
К	Люк	1	400	-
Л	Для електрозапалу	2	-	-

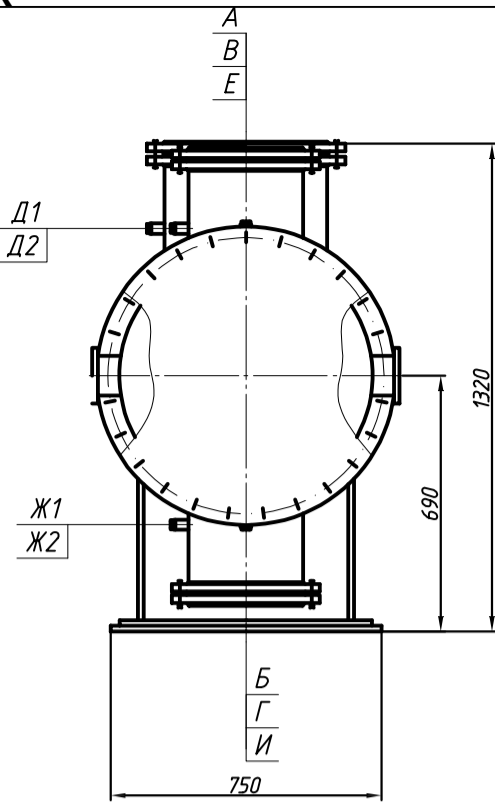
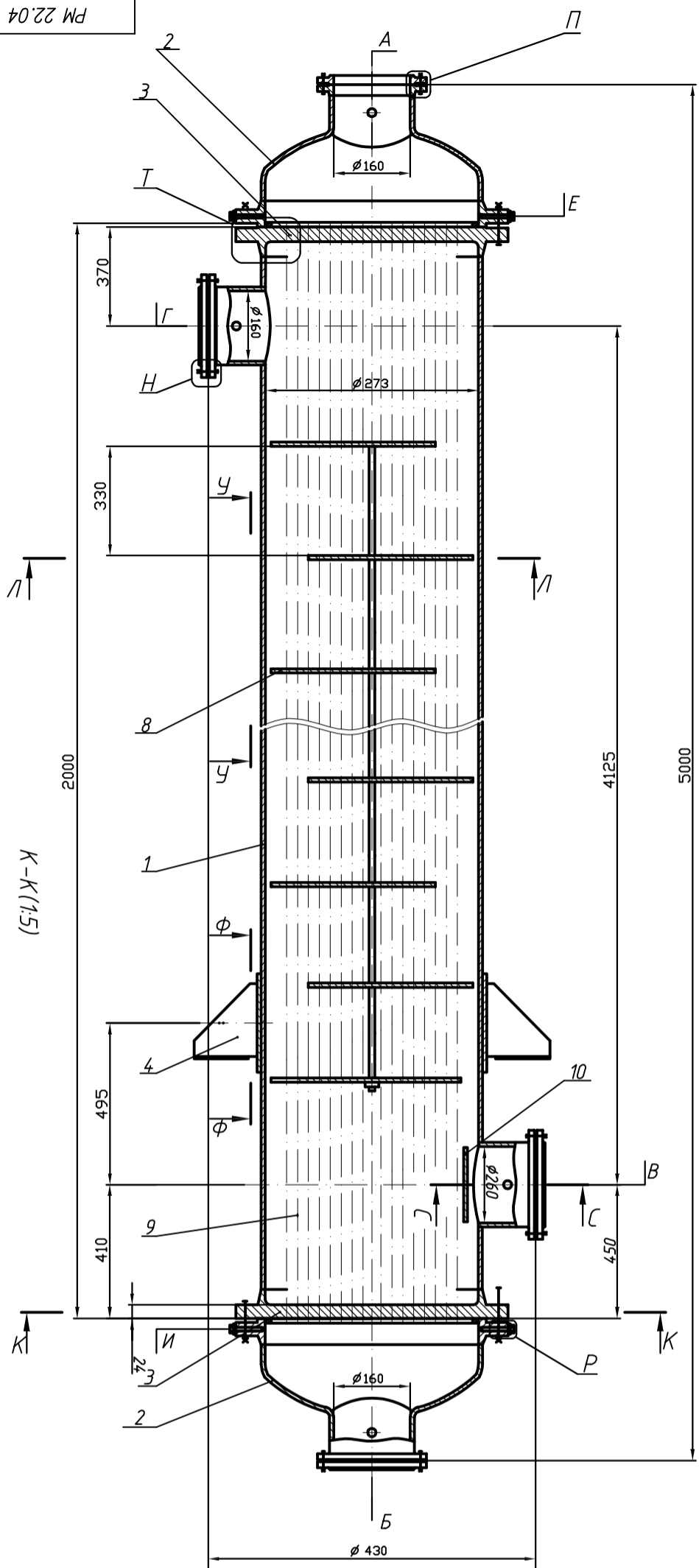
Технічна характеристика

1. Робочий тиск апарату, P
в міжтрубному просторі 0,35
в трубному просторі 200-300 мм.рт.ст.
2. Робоча температура в апараті, °C
в міжтрубному просторі 80-95
стілки труб і трубної решітки 140-600
3. Робоча середа в міжтрубному просторі - конденсат, в трубному - формальдегідний газ
4. Середовище в трубному просторі токсичне та пожежебезпечне
5. Емкість герметична
трубного простору - 4,33 м³
міжтрубного простору - 1,075 м³
6. Поверхня теплообміну - 208 м²

Поз.	Познач.	Найменування	Кол.	Маса	Марка матеріала	примечание
1		Корпус	1			
2		Днище 1400x6-40	1			
3		Кришка 1400x10	1			
4		Трубка 25x2, l=2510	1170			
5		Термопара	2			
6		Компенсатор	1			
7		Кільце	1			
8		Запобіжник	1			
9		Розподільча решітка	2			
10		Болт М20x160,21	156			
11		Гайка М20,21	156			
12		Опора 2-1-4000	4			
13		Прокладка 1-1400-6	2			
14		Фланець 3-1400-6	4			

				PM 22.03 B3			
Ізм/Лист	Н докум.	Підп.	Дата	Технологічна схема	Літера	Маса	Масштаб
Розроб.	Харченко				у		
Перев.	Целіщев				Лист		Листів
Н.контр.	Злата	Губанін			Виробництво формаліну потужністю 45 тис. т/рік		СНУ ім. В. Даля гр. ТОВ-19дм

СОЗДАНО УЧЕБНОЙ ВЕРСИЕЙ ПРОДУКТА AUTODESK



Таблиця штуцерів

Pos.	Найменування	Кількість	Прокіл умовний Ду, мм	Тиск умовний, МПа
A	Вихід суміші	1	250	0,6
Б	Вхід суміші	1	250	0,6
В	Вхід пари	1	250	0,6
Г	Вихід пари	1	250	0,6
Д _{1,2}	Для повітря	1	M18	0,6
Е	Для повітря	1	M18	0,6
Ж _{1,2}	Дренаж	1	M18	0,6
И	Дренаж	1	M18	0,6

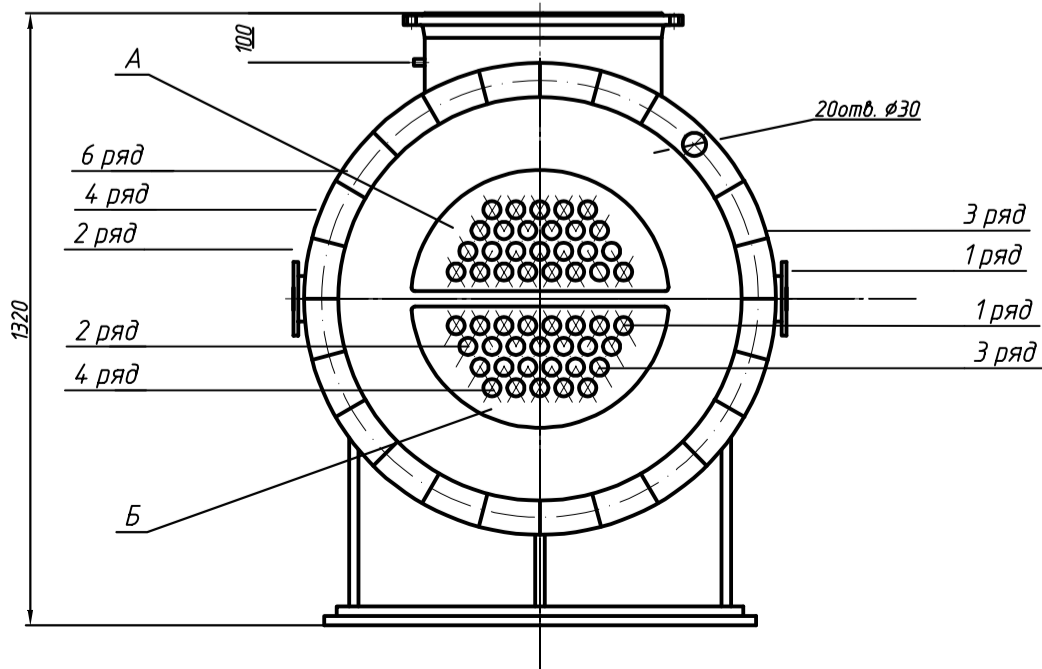
Технічна характеристика

1. Призначення:
2. Робочий тиск апарата, МПа
в трубному просторі **0,06**
в міжтрубному просторі **3,0**
3. Розрахунковий тиск в апараті, МПа
в трубному просторі **3,5**
в міжтрубному просторі **3,5**
4. Робоча температура в апараті, °С
5. Розрахункова температура в апараті, °С
в трубному просторі **100-105**
в міжтрубному просторі **120-135**
6. Прибавка для компенсації корозії, мм **0,1**
7. Робоче середовище:
в трубному просторі: **парогазова суміш**
в міжтрубному просторі: **пара**
8. Токсичність і вибухонебезпечка: токсична, вибухонебезпечна
пожежебезпечна

Технічні вимоги

1. Виготовлення, випробування і приймання апарату провести в відповідності з технічними вимогами по ОСТ 26-291-71.
2. Шви зварних з'єднань, марки і типи електродів прийняти в відповідності з ОН 26-01-71-69.
3. Контроль внутрішніх дефектів зварних швів проводити в відповідності з ГОСТ 3242-69 і ОСТ 26-291-71.
4. Зварні шви і зони термічного впливу випробувати на міжкристалітну корозію по ГОСТ 6032-75.
5. Веденню органів Держтехнагляду апарат підлягає.
6. Дійсне розташування штуцерів показане в плані.

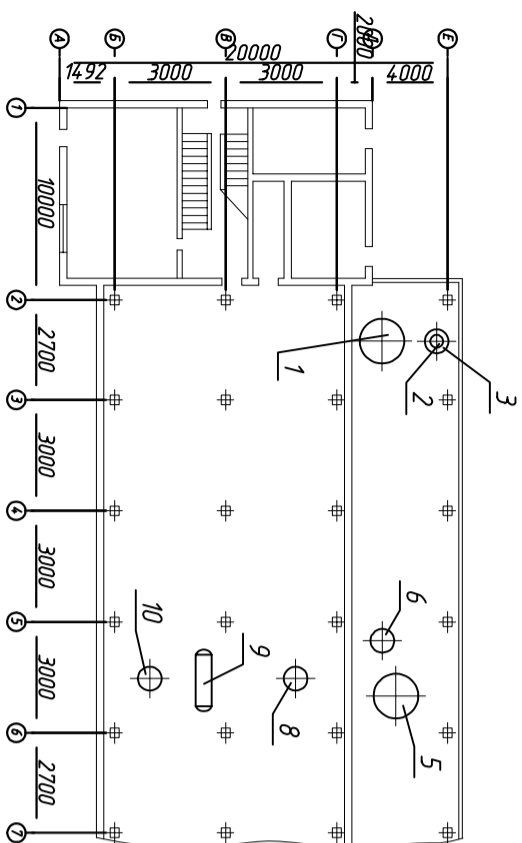
Pos.	Позначення	Найменування	Кіл.	Вага 1 шт.	Найменування групи матеріалу	Прим.
Свірні одениці						
1		Корпус	1			
2		Еліптичне днище	2			
3		Трубна решітка	1			
4		Опора нерухома	1			
5		Опора рухома	1			
Деталі						
8		Перегородка	10			
9		Труба $\phi 25 \times 2$	44,2			
10		Отдільник	2			
11		Прокладка	2			
Стандартні вироби						
14		Фланци по ГОСТ 12820-80 2-250-0,6 Х18Н10Т	4			
15		Прокладки ГОСТ 15180-86 А-250-0,6 ПОН-А2	4			
16		Болт ГОСТ 7798-80 Болт М20х100,58	96			
17		Гайка ГОСТ 5915-70 Гайка М20	96			
18		Гайка М30	192			
19		Шпилька ГОСТ 22040-76 Шпилька М30х150,58	96			



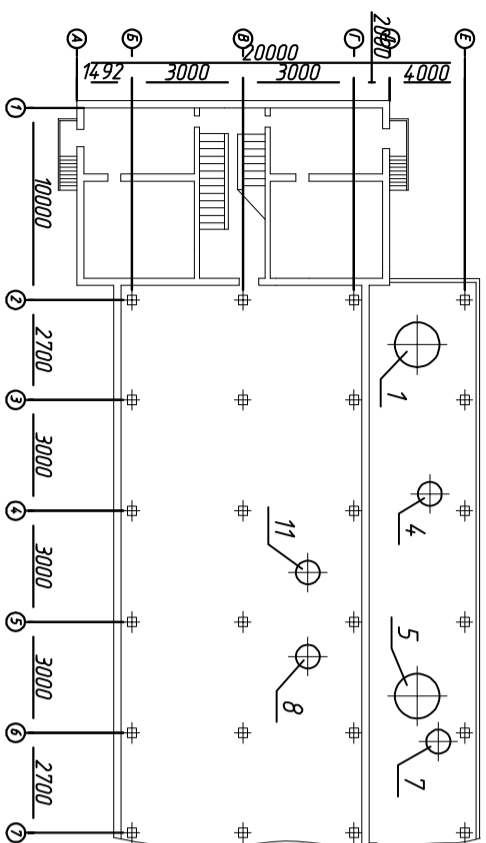
Лист	№ докум.	Підп.	Дата	Літера	Маса	Масштаб
Розроб.	Харченко			у		
Перев.	Целіщев					
Т.контр.				Лист	Листів	
Н.контр.				СНУ ім. В. Даля		
Затв.	Суворін			гр. ТОР-19дм		

Прихід		Витрата	
КОМПОНЕНТИ	КГ/ГОД	КОМПОНЕНТИ	КГ/Г
1. Метанол технічний		Формальдегідний газ	
СН ₃ ОН	3804,17	СН ₂ О	2080,93
Н ₂ О	49,89	СН ₃ ОН	1504,8
О ₂	954,24	СО	40,24
Н ₂	3141,03	СО ₂	237,12
		Н ₂	3141,03
		Н ₂	48,86
		Н ₂ О	896,34
Разом	7949,32	Разом	7949,32
			305,287

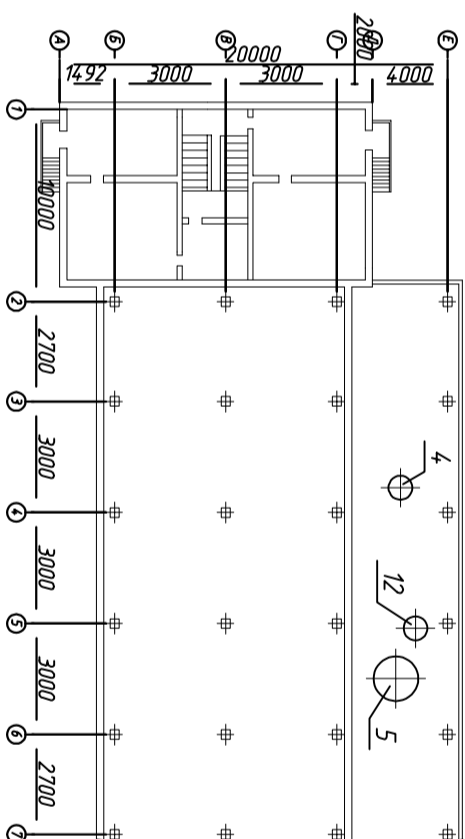
РМ 22.05 МБ		Имевал	Маса	Кристали
Изм/Лист	№ докум	Підп.	Дат.	
Розроб.	Харченко			
Перев.	Целищев			
Г. компл.				
Н.камп.				
Замб.	Славян			
Технологична схема				у
Виробництво формальд.				СНУ ім. В. Даля
потужністю 45 тис. т/рік				зр. ТОР-198М



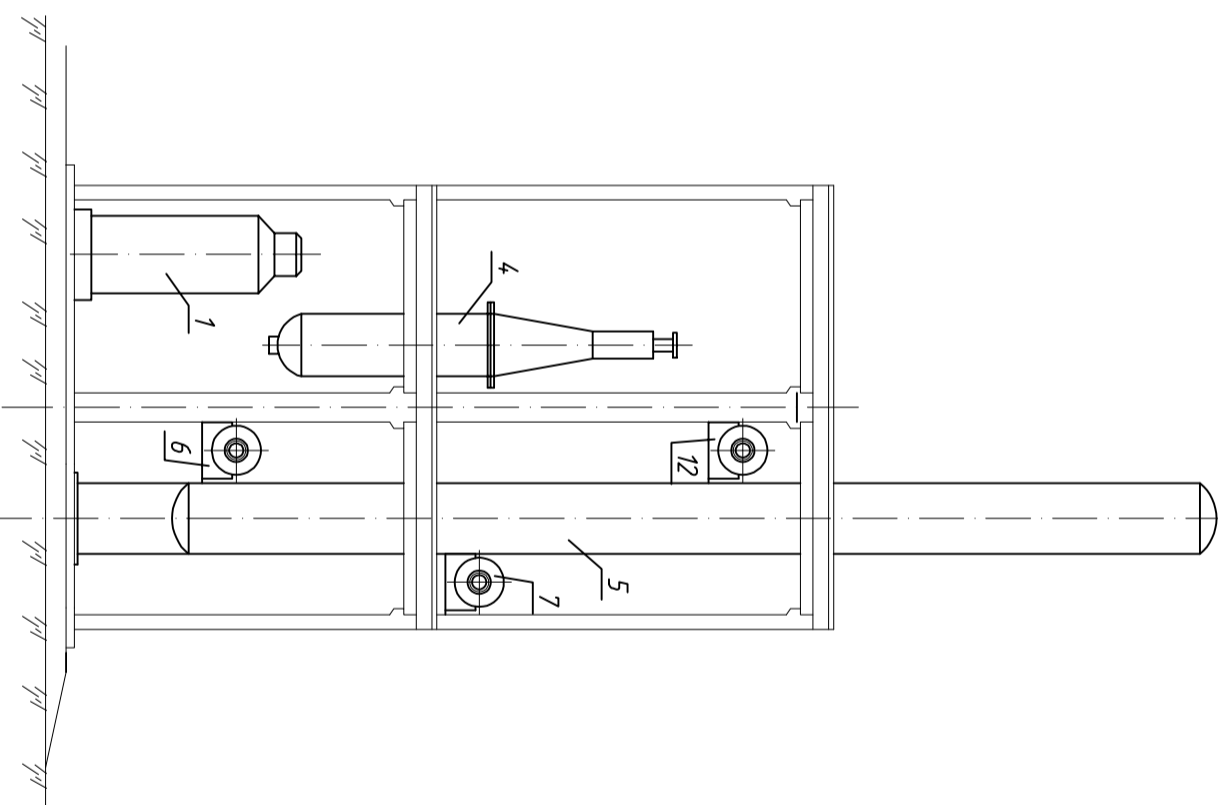
План на отметке 0,000



План на отметке 5,000; 7,200



План на отметке 10,800; 12,000



Компьютерная установка		
Позиция	Наименование	Кол-во
1	Спиртовидарядчик	1
2	Перегривач	1
3	Вознепримчивач	1
4	Реактор	1
5	Поглиняльна колона	1
6	Холодильник формаліну	1
7	Холодильник формаліну	1
8	Скрудер	1
9	Стрінки систем влоблення	1
10	Холодильник систем влоблення	1
11	Циклон	1
12	Холодильник формаліну	1

Лист	Маса	Кристали
Розроб. Н. докуч	ПЛН	Дамп
Лист	Харченко	у
Г. компр.	Целищев	лист
Н.каштр.		лист
Замб.	Сидорин	лист
РМ 22.06 ПЛ		
План розташування устаткування в цеху		
Виробничого формулярів ном.жестістю 45 тис. т/рік		
		СНУ ім. В. Даля зр. ТОР-199М

Показники	Одиниці вимірювання	Діюче виробництво	Проектоване виробництво	Зміна показників, %
Річний об'єм виробництва продукції	т	45000	45000	—
Чисельність робітників цеху	осіб	164	164	—
Продуктивність праці робітників цеху	т/люд	262	262	—
Собівартість продукції	грн/т	974,57	923,13	-5,57
Прибуток на одиницю продукції	грн/т	275,43	326,87	15,74
Основні фонди	грн	17426448,5	17426448,5	—
Фондовіддача	грн/грн	3,085	3,085	—
Рентабельність витрат на виробництво	%	28,26	35,41	7,15
Річний економічний ефект від зниження собівартості:	тис грн		2211,92	

РМ 22.07 ТЕП

Ім'я/Підрозділ	Підрозділ	Довідка	Дата	Сторінка	Категорія
Ім'я/Підрозділ	Н. докуч	Підп.	Довідка		
Розроб.	Харченко				
Перев.	Целіщев				
Г. комп.					
Н. комп.					
Зам.	Сладков				
Виробничо-технічний показник				СНУ ім. В. Даля	
потужністю 45 тис. т/рік				зр. ТОР-199М	