

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка містить: 68 сторінок, 17 таблиць, 3 рисунків, 19 літературних джерел.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ЦИКЛОГЕКСАН, ОКИСНЕННЯ, АНОЛОН , РЕАКТОР ОКИСЛЕННЯ.

Об'єкт: виробництво анолона, стадія окиснення, з розробкою технологічної схеми виробництва анолону окисненням циклогексана повітрям.

Мета роботи: розробка проекту виробництва анолону окисненням циклогексану в рідкій фазі потужністю 78000 т/рік з розробкою стадії окиснення.

Основні технологічні показники: річна потужність установки 78 тис. т/рік. У дипломному проекті були розглянуті фізико-хімічні властивості процесу, матеріальний, тепловий баланси. На підставі цього матеріалу вибраний найбільш перспективний метод отримання анолону, розроблені основний і допоміжний апарати.

					ДП 03.01. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вступ	7
1. Стислий аналітичний огляд з обґрунтуванням методу виробництва	8
2. Характеристика сировини, напівфабрикатів, готової продукції	15
3. Опис технологічної схеми	20
4. Матеріальні і теплові баланси	24
5. Вибір і розрахунок основного апарату	41
6. Вибір допоміжного обладнання	44
7. Контроль роботи, норми і правила обслуговування основного апарату	47
8. Ресурсозбереження і охорона навколишнього середовища	53
9. Охорона праці	61
Висновки	65
Список використаної літератури	66
Додатки	68

					ДП 03.01. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Останнім часом відбувається розвиток полімерної промисловості. При цьому з кожним роком з'являється усе більше нових полімерів з різними властивостями. Дуже важливими по масштабах виробництва є поліамідні матеріали й, зокрема, капрон і нейлон, основними напівпродуктами для одержання яких служать капролактама й адипінова кислота. Тому ростуть масштаби виробництва таких продуктів як циклогексанол і циклогексанон, що є проміжними продуктами для одержання адипінової кислоти, 2-капролоктама, діциклогексиладипіната та інших продуктів, широко застосовуваних у народному господарстві.

Циклогексанол застосовується для одержання циклогексанона, а також є розчинником для масел, восків, полімерів, барвників, є стабілізатором емульсій, мастил, кремів, застосовується в якості гомогенізуючого засобу. Крім того, циклогексанон застосовується як розчинник нітратів й ацетатів целюлози, жирів, природних смол, полівенілхлорида, є основою барвників, а також засобом виведення плям фарби.

Анолон – це суміш циклогексанола й циклогексанона, які являють собою спирт і кетон циклічної будови. Циклогексанол і циклогексанон є як цільовими, так і проміжними продуктами. Як цільові циклогексанол і циклогексанон можуть використатися як розчинники. А як проміжні продукти ці сполуки застосовуються у виробництві адипінової кислоти й капролактаму.

					ДП 03.01. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. СТИСЛИЙ АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД З ОБҐРУНТУВАННЯМ МЕТОДУ ВИРОБНИЦТВА

Рідкофазне окиснення циклогексану є однією зі стадій промислового процесу одержання поліамідних волокон — нейлону і капрону. Циклогексан окислюють киснем повітря за температури 135–155°C і тиску 1,0–2,0 МПа. Каталізатором цього процесу є органічні солі металів змінної валентності — найчастіше органічні солі кобальту. Конверсія циклогексану за один цикл складає 4–5%, а селективність за цільовими продуктами — циклогексанолом і циклогексаноном — не перевищує 75–78%. Подальше підвищення конверсії циклогексану, яке можливе з точки зору термодинаміки, не бажане. За збільшення конверсії спостерігається зменшення селективності за цільовими продуктами.

Важливе значення у цьому процесі має також співвідношення між цільовими продуктами (циклогексанол/циклогексанон), яке при використанні нафтенату кобальту становить приблизно 2/1 (мол.). Таке співвідношення вигідне у процесі одержання адипінової кислоти, — напівпродукту у виробництві нейлону, а для виробництва капролактаму, напівпродукту у виробництві капрону, бажаним є вищий вміст у реакційній суміші циклогексанону, так як це дозволить знизити витрати на стадії дегідрування циклогексанолу до циклогексанону.

Існує два основних напрямки модифікації кобальтового каталізатора :

- модифікація за допомогою органічних солей інших металів змінної валентності, наприклад: Се [1–2], Cu, Ni;
- модифікація за допомогою органічних сполук різної природи .

					ДП 03.01. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Перший напрямок модифікації каталізаторів окиснення циклогексану – істотно покращити параметри процесу і, в першу чергу, конверсію циклогексану не дозволяє.

Органічні сполуки дозволяють у ширшому інтервалі змінювати властивості каталізатора. Літературні дані показують, що використання перфторованих сполук як добавки до промислового каталізатора (нафтенату кобальту) дозволяє не лише підвищити конверсію циклогексану і збільшити селективність за цільовими продуктами, а й зсунути співвідношення циклогексанол/циклогексанон у бік спирту [7].

Таким чином, можна говорити про перспективність подальших досліджень у напрямку модифікації каталізаторів окиснення циклогексану за допомогою органічних добавок.

Досліджено окиснення циклогексану у присутності промислового каталізатора — нафтенату кобальту (НК), модифікованого такими органічними добавками (Д):

- краун-ефіри — дибензо-18-краун-6(ДБКР), 15-краун-5 (15-КР-5), 18-краун-6 (18-КР-6), діазо-18-крзун-6 (ДАКР);
- кисневмісний олігомер «Катоксан» різної молекулярної маси (виробник ТОВ «Інтер-Синтез», м. Борислав).

Краун-ефіри за своїми властивостями є електродонорними сполуками на відміну від солей перфторованих сульфокислот («Катоксан»), які є електроакцепторними сполуками.

При використанні каталізатора «Катоксан» побічний ефект не спостерігається – за однаковий час і у присутності нафтенату кобальту, і у

					ДП 03.01. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

присутності каталітичної системи нафтенат кобальту – «Катоксан», спостерігається практично однакова конверсія.

1.1 Сучасний стан процесу, що розробляється

Практичне значення процесів окиснення в промисловості основного органічного й нафтохімічного синтезу важко переоцінити. Їхню першорядну роль обумовили наступні причини:

Більша цінність сполук, одержуваних окислюванням (спиртів, альдегідів, кетонів, карбонових кислот й їхніх ангідридів, нітрilів й ін.) і вони є проміжними продуктами органічного синтезу, розчинниками, мономерами й вихідними речовинами для виробництва полімерних матеріалів, пластифікаторів.

Широке різноманіття реакцій окислювання, до яких здатні багато органічних речовин, у тому числі вуглеводні всіх класів. Це дозволяє використати процеси окислювання для первинної переробки сировини й робити на їхній основі велику кількість потрібних для продажу речовин.

Доступність і низька вартість більшості окислювачів, серед яких головне місце займає кисень повітря. Це визначає більш високу економічність синтезу деяких продуктів методами окислювання в порівнянні з іншими можливими методами їхнього виробництва.

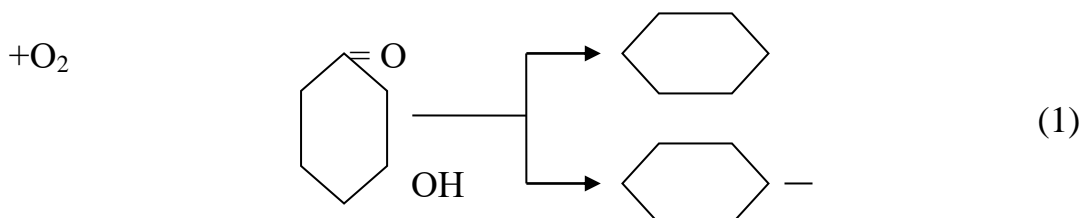
Викладені причини привели до того, що окисні процеси одержали велике поширення в органічному синтезі, часто замінюючи інші менш економічні способи виробництва багатьох продуктів [4].

Що стосується виробництва аналону, то найбільш практичне значення має циклогексанон (анон). Застосовується для виробництва синтетичного волокна – капрону, як розчинник і замітник камфори. Циклогексанол (анол) використовується як розчинник полімерів, масел і жирів. Анол й анон

					ДП 03.01. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

використаються як проміжні продукти у виробництві адипінової кислоти, солей АГ та інших речовин [3].

Окиснення нафтових вуглеводнів (циклопарафінів) дуже подібно з окислюванням парафінів. Коли процес проводять у газовій фазі, відбувається глибока деструкція циклу з утворенням низьких кисневмісних сполук, двоокису вуглецю й води. При рідкофазному окислюванні повітря в присутності каталізатора (органічні солі кобальту) реакцію можна зупинити на проміжній стадії утворення спиртів і кетонів. Основною умовою для цього є невеликий ступінь конверсії вуглеводню (10–20%), коли при 120–160 °С циклогексан окисляється з утворенням суміші циклогексанола й циклогексанона з виходом 60–80%:



Зміст циклогексанола в цій суміші становить 30–50%, але його можна значно підвищити тим же методом, що використовують при окисненні парафінів, – застосовуючи як окислювач газ із невеликою концентрацією кисню.

Побічними речовинами при утворенні циклічних спиртів і кетонів є кисневмісні продукти більш глибокого окислювання – кетоспирти, дікетони, пактони [4].

Як каталізатор процесу рідкофазного окиснення циклогексану повітрям, застосовують переважно розчинні в циклогексані, солі кобальту. Найпоширеніші нафтенат і стеарат кобальту. Нафтенат кобальту добре розчинний у циклогексані при кімнатній температурі. Стеарат кобальту гірше розчинний у циклогексані, і для готування розчину доводиться

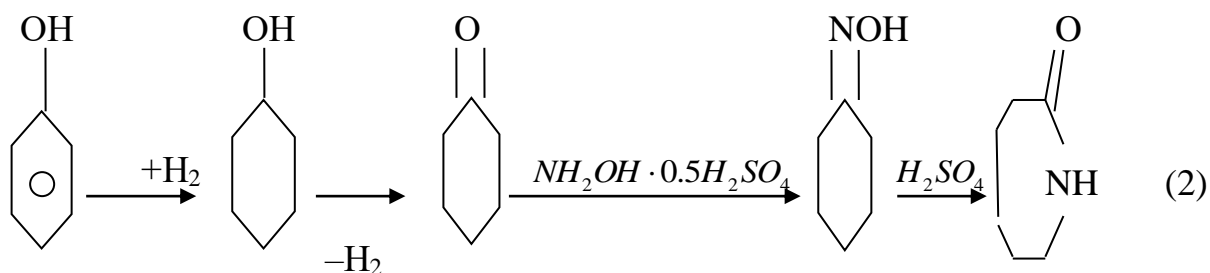
									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДП 03.01. ПЗ				

підвищувати температуру циклогексану до 60–70 °С.

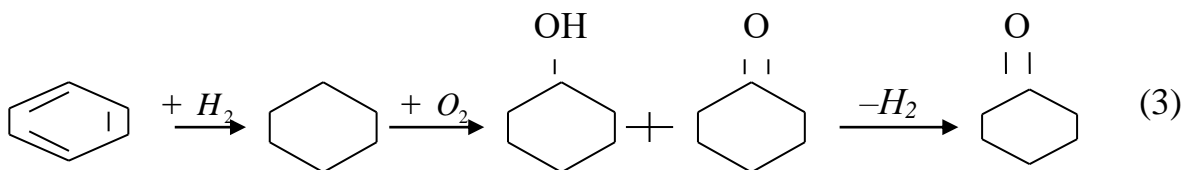
Нафтенат кобальту готують методом обмінного розкладання, виходячи з нітрату кобальту й технічних нафтових кислот (асидол). Застосовуються також милонaft (натрієві солі нафтових кислот) і асидол милонaft (суміші нафтових кислот й їхніх натрієвих солей) [2].

На сьогоднішній день в промисловості одержані схеми, засновані на використанні ароматичної сировини [8].

Фенольна схема включає наступні стадії: гідрування фенолу, окиснення циклогексану, ректифікація циклогексанола і його дегідрування, ректифікаційне очищення циклогексанола. Одержання циклогексанола й циклогексанона є проміжною стадією в одержанні капролактаму.



У цій схемі також, як й у попередньої, з отриманого циклогексанона одержують капролактаму тим же способом.

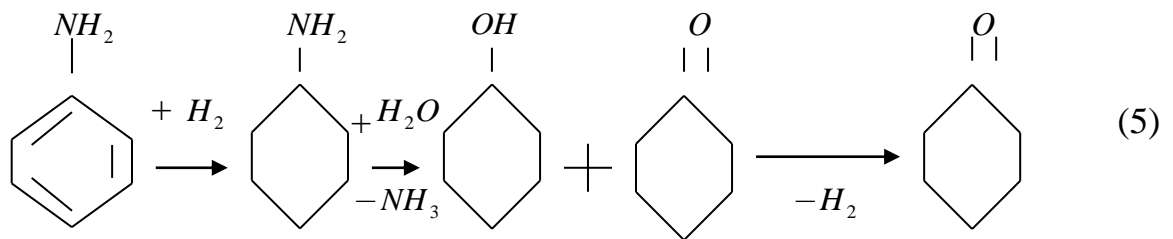


Фотохімічна схема передбачає гідрування бензолу в циклогексан, фотохімічне нітрузування циклогексану, ізомеризацію циклогексаноноксіма в капролактаму і його очищення. Освоєння зазначеної схеми вимагає специфічного устаткування: спеціальних потужних ламп–випромінювачів, а також високих енергетичних витрат і спеціальних дорогих матеріалів для

											Арк.
Змн.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дата							

виготовлення устаткування, здатного працювати в умовах сильноагресивних середовищ [5].

Анілінова схема містить у собі стадії: гідрування аніліну, гідроліз отриманого аміну з виділенням аміаку й потім поділ продуктів окиснення з виділенням циклогексанона й циклогексанола, наступне дегідрування циклогексанола в циклогексанон.



Переважний розвиток одержала окисна схема одержання анона й анола; це завдяки її перевазі по сумі техніко–економічних показників [3].

1.2 Теоретичні основи процесу.

При окисненні циклогексану утворюється багато побічних продуктів. При підвищенні температури реакції до 155–165⁰С збільшується зміст монокарбонових кислот (мурашиної, оцтової, пропіонової, масляної, валеріанової) і зменшується зміст дикарбонових кислот (глутарової, адипінової й ін.). При температурі реакції нижче 155⁰С утвориться більше дикарбонових кислот, чим монокарбонових, також у процесі окиснення можуть утворюватися ефіри: циклогексилформиата $\text{C}_7\text{H}_{12}\text{O}_2$, циклогексилпропіоната $\text{C}_8\text{H}_{16}\text{O}_2$, циклогексилбутірата $\text{C}_{10}\text{H}_{18}\text{O}_2$ й інших ефірів.

Загальний вихід корисних продуктів становить близько 78% перетвореного циклогексану (при роботі на 4–5% конверсії). Співвідношення анона до анолу 1:2. Оптимальний час перебування реакційної рідини в реакторі окиснення й пропорційний розподіл повітря по секціях

					ДП 03.01. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

забезпечують сприятливі умови виходу корисних продуктів – циклогексанола й циклогексанона. Реакція окислювання циклогексану протікає з більшим виділенням теплоти. Тепловий ефект реакції 1100–1400 ккал/кг циклогексану. Парціальний тиск пара циклогексану при температурі 155 °С – становить 0,5 МПа (5 кг·с/см²).

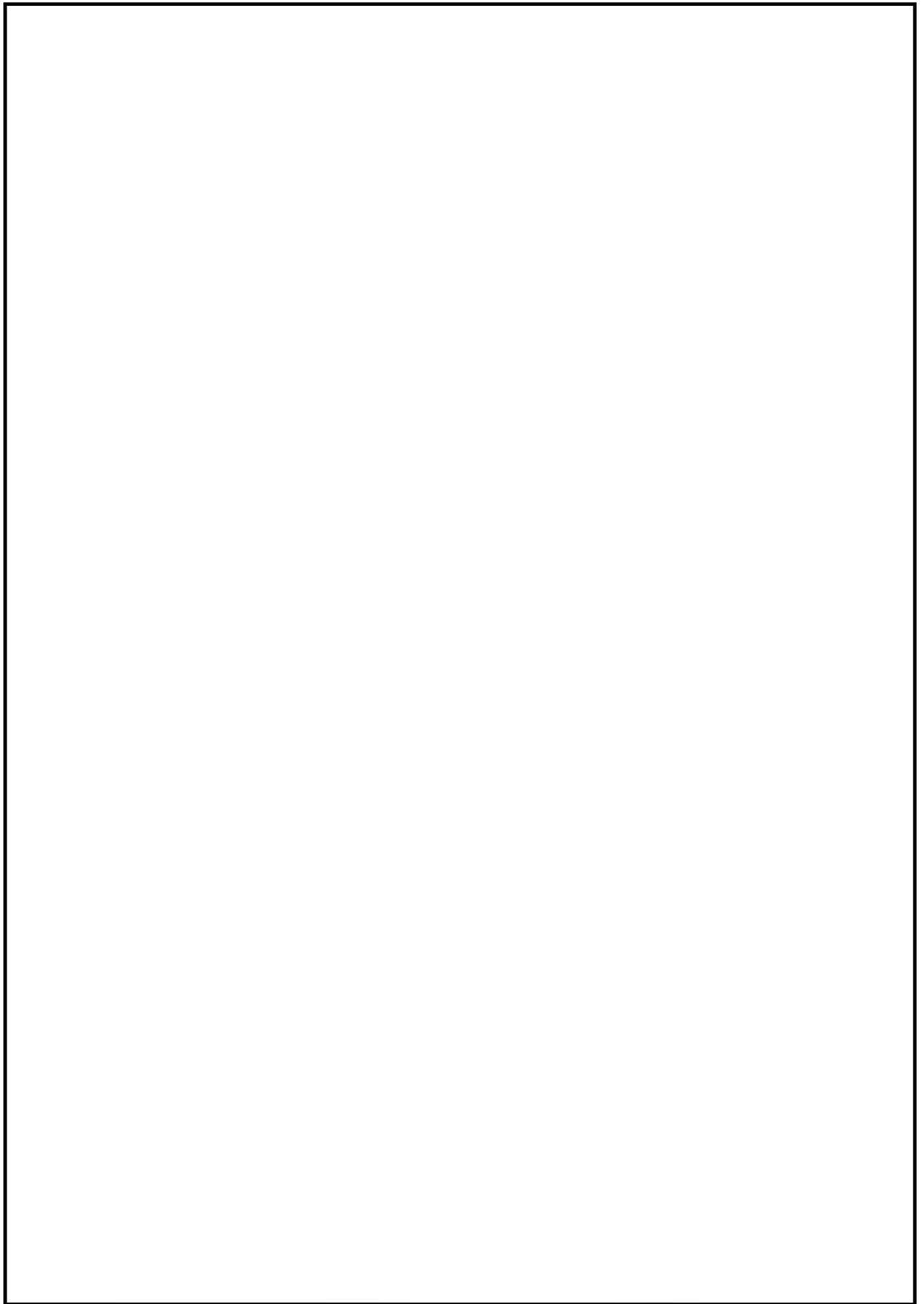
Вплив тиску на реакцію окислювання невеликий. Робочий тиск підтримується 0,7–1,0 МПа. Температура 145–165 °С. При зазначеному тиску забезпечується автотермічність процесу. В якості каталізатора окиснення циклогексану використовується нафтенат кобальту, розчинений у свіжому циклогексані. Ініціювання реакційних ланцюгів у каталітичному процесі зв'язано зі здатністю металів, змінювати свою валентність. Так у випадку кобальтового каталізатора іон кобальту Co^{2+} , окисляється гідроперекисом до Co^{3+} , а Co^{3+} відновлюється альдегідом, спиртом або кетоном до Co^{2+} . При застосуванні каталізатора – нафтенатов Cu, V, Cr, Mn значно поліпшується процес.

Таблиця 1.1 – Вплив каталізатора (нафтенату кобальту) на виході циклогексанону й циклогексанола при різному ступені конверсії.

Ступінь конверсії, %	Сумарний вихід циклогексану й циклогексанола, %	
	без каталізатора	с каталізатором
5	–	85
10	50–60	60–75
20	45–55	50–60
30	40–45	45–50

Виробництво циклогексану є проміжною стадією для одержання капролактаму, а виробництво циклогексанола – для одержання солі АГ й адипінової кислоти [2].

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДП 03.01. ПЗ				



					<i>ДП 03.01. ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

2. ХАРАКТЕРИСТИКА СИРОВИНИ, НАПІВФАБРИКАТІВ, ГОТОВОЇ ПРОДУКЦІЇ

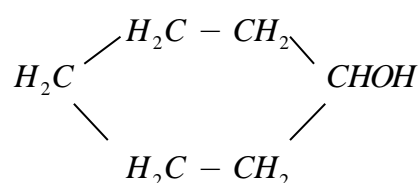
2.1 Фізико-хімічна характеристика основних, проміжних і кінцевих продуктів

Циклогексанол – ректифікат.

Зовнішній вигляд: являє собою прозору, безбарвну маслянисту рідину з ефірно-камфорним запахом.

Емпірична формула: $C_6H_{11}OH$

Структурна формула:



Молекулярна маса	100,16 г/моль
Густина анола при 40 °C	0,935 г/см ³
Температура кипіння при 760 мм. рт. ст.	161 °C
Температура плавлення	23,9 °C
В'язкість рідини при 40 °C	19,6 мПас
Теплоємність рідини при 40 °C	0,55 ккал/кг·град
Теплота випару при 158,7 °C	108,7 ккал/кг

Циклогексанол з водою утворить азеотропну суміш сполуки (%):

вода 80

анол 20

Температура кипіння азеотропної суміші 97,8 °C при 760 мм. рт. ст.

Розчинність при 40 °C (%):

анола у воді 3,3

води в анолі 12,2

											Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							

ДП 03.01. ПЗ

Відносна густина:

пар анола до повітря 3,45

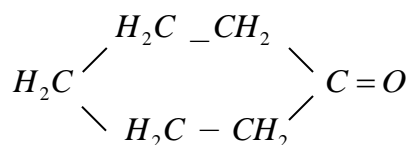
анола до води 0,96

Циклогексанон – технічний

Зовнішній вигляд: масляниста безбарвна рідина з ацетоно – м'ятним запахом.

Емпірична формула: $C_6H_{10}O$

Структурна формула:



Молекулярна маса

98,14

Густина анола при 40 °С

928 кг/м³

Температура кипіння при 760 мм. рт. ст.

155,6 °С

Температура плавлення

мінус 45 °С

В'язкість рідини при 40 °С

1,6 мПас

Теплоємність рідини при 40 °С

0,497 ккал/кг·град

Теплота випару

109 ккал/кг

Розчинність при 40 °С (%):

води в аноні 6,4

анола у воді 8,0

Циклогексанон з водою утворює азеотропну суміш сполуки (%):

вода 55,3

анон 44,7

киплячу при P = 760 мм. рт. ст. і T = 87 °С

Відносна Густина:

пар анола до повітря 3,38

анола до води 0,947

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

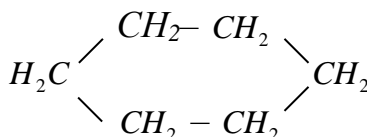
ДП 03.01. ПЗ

Циклогексан – технічний

Зовнішній вигляд: безбарвна рідина з ефірним запахом.

Емпірична формула: C_6H_{12}

Структурна формула:



Молекулярна маса	84,16
Температура плавлення	6,5 ⁰ C
Температура кипіння при 760 мм. рт. ст.	80,7 ⁰ C
Густина при 40 ⁰ C	759,0 кг/м ³
Пружність пару при 40 ⁰ C	181,7 мм. рт. ст.
Розчинність циклогексану у воді при 40 ⁰ C	0,03 г/на 100мл
Розчинність води в циклогексані при 40 ⁰ C	0,028 г/на 100мл
Розчинність інертних газів у циклогексані при 155 ⁰ C і тиску 0,7МПа (7 кг·г/см ²); 0,5·10 ⁻³ на 1 л. рідини.	
Циклогексан утворить із водою азеотропну суміш наступної сполуки (%):	
вода	9
циклогексан	91
Температура кипіння азеотропної суміші при атмосферному тиску:	69 ⁰ C
Температура спалаху	мінус 18 ⁰ C
Температура самозапалювання	260 ⁰ C

					ДП 03.01. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.1 – Характеристика вихідної сировини, допоміжних матеріалів, готової продукції[7].

Найменування сировини й матеріалів	Державний або галузевий стандарт, технічні умови, регламент	Показники, обов'язкові для перевірки (найменування й одиниця)	Регламентовані показники припустимими відключеннями із
1	2	3	4
Повітря технічне	ТУ 113-03-5761673-51-92	а) тиск повітря на вході, МПа (кг·с/см ²) б) температура, °С не більше	1,35-2,2(13,5-22) 100
Розсіл (водяний розчин хлористого кальцію)		1) Тиск, Мпа в межах 2) Температура, °С	0,2-0,6 0-мінус 15
Азот технічний, для пожежогосподарських цілей	ДЕРЖСТАНДАР Т 9293-74	1)Тиск, МПа в межах 2)Об'ємна частка кисню, %	0,2-0,6; 2,5-4,5 не більше 3
Циклогексан технічний	ДЕРЖСТАНДАР Т 14198-78	1) Зовнішній вигляд	Безкольорова прозора рідина, що не містить механічних домішок
		2) Сумарна масова частка домішок, обумовлених хроматографічно, % у тому числі: бензолу, метилциклопентана, мелициклогексану н-гептана,	не більше 0,2 не більше 0,04 не більше 0,1 не більше 0,05
		3) Масова частка сірки	не нормується

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДП 03.01. ПЗ				

Продовження табл. 2.1

1	2	3	4
Кобальт нафтеново-кислий плавлений	ТУ 6-09-07-76-78	1) Зовнішній вигляд	Тверда, що розм'якшується при нагріванні маса, темно-фіолетових кольорів
		2) Масова частка кобальту, %, у межах	11-13,5
Натрій їдкий технічний, марки РД	ДЕРЖСТАНДАР Т 2263-79	Масова частка їдкого натру, %, у межах	44-46
Гаряча вода		1) Тиск, МПа, не менш	0,25
		2) Температура, °С, не менш	60
Пара водяник		Тиск, МПа в межах	1,3±0,085
Абсорбент		Масова частка циклогексану, %	0,5

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДП 03.01. ПЗ				

3. ОПИС ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ

Аналіз літературного матеріалу з даної теми дозволив розробити наступну технологічну схему.

Стадія окиснення

В збірник циклогексану поз. Е-1 поступає оборотний циклогексан з промислового складу.

Парогазова суміш із збірника поз. Е-1 охолоджується оборотною водою в теплообміннику поз. ХК-1 і викидається в атмосферу через гідрозатвор поз. Б-1. Конденсат з теплообмінника поз. ХК-1 зливається в збірник поз. Е-1.

Циклогексан із збірника поз. Е-1 з температурою не більше 70 °С і тиском від 0,05 до 0,1 МПа (від 0,5 до 1,0 кгс/см²) поступає на всас насосом Н-1. Насос подає циклогексан з тиском не більше 2,0 МПа (20 кгс/см²) на зрошування скрубера-конденсатора поз.СК-1, на зрошування абсорбера поз. АР-1 і об'ємною витратою не більше 10 м³/год в другу, не більше 15 м³/ год в третю і не більше 15 м³/год в четверту секції реактора окиснення поз. Р-1.

Циклогексан подається на розподільну тарілку для рівномірного зрошування насадки скрубера-конденсатора поз. СК-1. Через насадку циклогексан зливається в куб скрубера-конденсатора, а реакційні гази піднімаються через насадку на верх.

В результаті тепло-масообмінного процесу відбувається нагрів циклогексану, охолодження і конденсація парів циклогексану і реакційної води з реакційних газів.

Охолоджені реакційні гази з температурою не більше 70 °С зі скрубера-конденсатора поступають в колону абсорбції високого тиску АР-2.

Температура в кубі поз. СК-1 від 100 до 135 °С регулюється циркуляцією

					ДП 03.01. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

частини кубової рідини поз. СК–1 насосом поз. Н–4 через теплообмінник поз. ХК–2, щоб при тиску від 0,7 до 1,0 МПа (від 7 до 10 кгс/см²) не допустити скипання азеотропної суміші циклогексан – вода в насосі поз. Н–3.

Рівень від 20 до 80 % у скрубери–конденсаторі регулюється видачею циклогексану і реакційної води, що сконденсувалася, насосом поз. Н–3, в роздільну ємність поз. Е–2. Передбачена можливість видачі циклогексана з скрубера–конденсатора в роздільну ємність поз. Е–2 насосом поз. Н–2.

У роздільній ємності за рахунок зниження швидкості потоку реакційна вода з розчиненими в ній монокарбонowymi кислотами відшаровується від циклогексану. Рівень розділу фаз від 20 до 50 % регулюється видачею водно–кислого шару (ВКШ) з нижньої частини роздільної ємності поз. Е–2 в збірник ВКШ поз. Е–3.

Циклогексан з верхньої частини роздільної ємності поз. Е–2 з температурою не більше 135 °С, через підігрівач поз. АТ–1 поступає у верхню секцію реактора окиснення поз. РТ–1 і на зрошування абсорбера поз. АР–1.

У колектор циклогексану на вході в реактор окиснення подається насосом Н–6, розчин каталізатора об'ємною витратою не більше 0,4 м³/год. Розчин каталізатора нафтенату кобальту в свіжому циклогексані готують в збірнику поз. Е–8, який обладнано турбінною мішалкою і внутрішнім змійовиком, при температурі від 50 до 70 °С. У змійовик подається пара 0,3 МПа.

Рідкофазне каталітичне окиснення циклогексану киснем повітря в реакторі окиснення поз. Р–1 проводиться при тиску від 0,7 до 1,0 МПа (від 7 до 10 кгс/см²) і температурі від 145 до 165 °С. Тиск від 0,7 до 1,0 МПа (від 7 до 10 кгс/см²) в агрегаті окиснення регулюється видачею реакційних газів після абсорбера високого тиску поз. АР–2 на установку каталітичного очищення газів. Повітря для окиснення циклогексану поступає з відділення компресії з тиском від 1,35 до

					<i>ДП 03.01. ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2,2 МПа (від 13,5 до 22,0 кгс/см²), редукується клапаном до тиску від 1,0 до 1,3 МПа (від 10 до 13 кгс/см²) і подається в першу, в другу, в третю, четверту секції реактора окиснення. У секції повітря проходить від низу до верху через шар циклогексану, при цьому кисень вступає в реакцію окиснення.

Реактор окиснення поз. Р-1 – це вертикальний циліндричний апарат, розділений сферичними перетинками на чотири частини (секції) різної місткості. Секція має два барботери, дві переливні труби (окрім четвертої секції) з переливними кишнями у верхній частині, центральний трубопровід для виходу реакційних газів з нижче розташованої секції, клапан аварійного дренажування реакційної рідини (оксидату) з секції.

У реакторі поз. Р-1 під час реакції окиснення циклогексану можливе утворення смолоподібних продуктів, їх нашаровування (налипання) на стінки реактора. Особливо інтенсивно процес смолоутворення йде при попаданні в реактор ВКШ з ємкості поз. Е-2. Реакція окиснення може продовжуватися в об'ємі налиплої на стінку смоли. Оскільки в об'ємі реакційної рідини відбувається активне знімання тепла реакції за рахунок випаровування циклогексану, а в об'ємі ж між смолою і стінкою реактора теплотойом не відбувається, це може призвести до місцевого перегріву і зміни структури металу стінки реактора, до її деформації або розриву. Для контролю температури стінки реактора встановлено 12 термопар на її зовнішній поверхні .

Реакційні гази, що містять азот, кисень що не прореагував, оксид вуглецю (II) і оксид вуглецю (IV), пара циклогексану, реакційної води, циклогексанону, циклогексанолу і інших продуктів реакції піднімаються вгору і по колектору реакційних газів поступають в низ абсорбера поз. АР-1.

Для уловлювання циклогексанона і циклогексанола з реакційних газів на верхню тарілку подається циклогексан. Рідина з абсорбера поз. АР-1 зливається

					ДП 03.01. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

в колектор реакційної рідини що виходить з реактора окислення поз. РТ-1.

Реакційні гази з абсорбера поз. АР-1 і РТ-1 поступають в куб скрубера-конденсатора поз. СК-1.

					ДП 03.01. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4. МАТЕРІАЛЬНІ І ТЕПЛОВІ БАЛАНСИ.

4.1 Матеріальний баланс

Вихідні дані

Продуктивність цеху по аналогу, т 78000

Річний фонд робочого часу, ч 8000

Ступінь конверсії циклогексану в процесі його окислювання за один прохід апарата (реактора–окислювача), % 3,5

Втрати потужності на останніх стадіях, % 1,5

Вихід продуктів розраховуючи на перетворений циклогексан, мас. частки (%):

циклогексанон (анон) 24,4

циклогексанол (анол) 49,8

одноосновні кислоти 5,23

гідрокислоти 6,30

двухосновні кислоти 6,00

ефіри 4,50

масло «X» 3,77

Усього 100,00

Склад аналона, мас. частки (%):

анон 32,0

анол 68,0

Об'ємна швидкість повітря розраховуючи на рідкий циклогексан, τ^{-1} 38

Сполука поворотного (циркулюючого) циклогексану, мас. частки, (%):

циклогексан 99,4

анон 0,2

					ДП 03.01. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

анол

0,4

Годинна продуктивність установки по аналону:

$$(78000 \cdot 1000) / 8000 = 9750 \text{ кг/год}$$

Продуктивність стадії окислювання з урахуванням втрат на

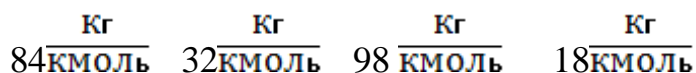
$$\text{останніх стадіях: } 9750 \cdot 1,015 = 9896,25 \text{ кг/год}$$

у тому числі:

$$\text{анон: } 9896,25 \cdot 0,32 = 3166,8 \text{ кг/год}$$

$$\text{анол: } 9896,25 \cdot 0,68 = 6729,45 \text{ кг/год}$$

Розрахунки по рівнянню цільової реакції



$$\text{Витрата: циклогексану: } (3166,8 \cdot 84) / 98 = 2714,4 \text{ кг/год}$$

$$\text{кисню: } (3166,8 \cdot 32) / 98 = 1034,06 \text{ кг/год}$$

Утворилося води

$$2714,4 + 1034,06 - 3166,8 = 581,66 \text{ кг/ч}$$

Витрата циклогексану з обліком селективності процесу по анону:

$$\frac{2714,4 \cdot 100}{24,4} = 11124,59 \text{ кг/год}$$

Витрата циклогексану на утворення продуктів (кг/год):

$$\text{анон} \quad 11124,59 \cdot 0,244 = 2714,4$$

$$\text{анол} \quad 11124,59 \cdot 0,498 = 5540,05$$

$$\text{валеріанова кислота} \quad 11124,59 \cdot 0,0523 = 581,72$$

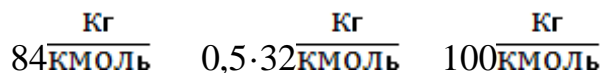
$$\text{гідропропіонова кислота} \quad 11124,59 \cdot 0,063 = 700,75$$

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

ДП 03.01. ПЗ

адипінова кислота	$11124,59 \cdot 0,06 = 667,65$
ефіри	$11124,59 \cdot 0,045 = 500,61$
масло «х» (ВК)	$11124,59 \cdot 0,0377 = 419,4$
Усього	11124,58

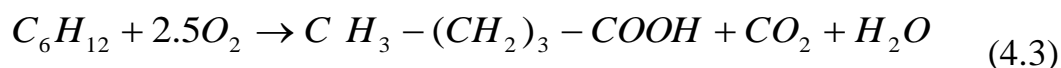
Розрахунки по рівняннях реакцій



Утворилося циклогексану $5540,05 \cdot \frac{100}{84} = 6595,3$ кг/год

Витрата кисню: $6595,3 - 5540,05 = 1055,25$ кг/год

Утворення монокарбонівих кислот розраховуючи на валеріанову кислоту:



Витрата кисню: $581,72 \cdot \frac{2,5 \cdot 32}{84} = 554,02$ кг/год

Утворилося:

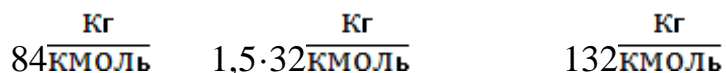
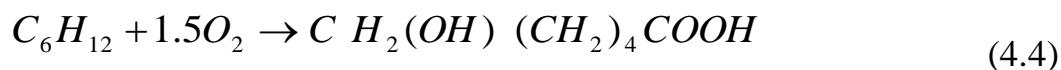
кислоти: $581,72 \cdot \frac{102}{84} = 706,37$ кг/год

діоксиду вуглецю: $581,72 \cdot \frac{44}{84} = 304,71$ кг/год

води: $(581,72 + 554,02) - (706,37 + 304,71) = 124,66$ кг/год

Утворилося гідрокислот (розраховуючи на гідропропіонову кислоту):

					ДП 03.01. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



$$\text{Витрата кисню: } 700,75 \cdot \frac{1,5 \cdot 32}{84} = 400,43 \text{ кг/год}$$

$$\text{Утворилося ЦПК: } 700,75 + 400,43 = 1101,18 \text{ кг/год}$$

Утворення двохосновних кислот (розраховуючи на адипінову кислоту):



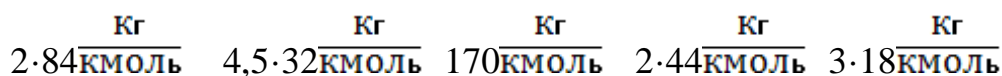
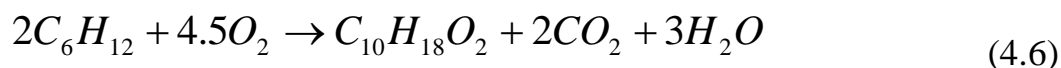
$$\text{Витрата кисню: } 667,65 \cdot \frac{2,5 \cdot 32}{84} = 635,86 \text{ кг/год}$$

Утворилося:

$$\text{адипінової кислоти: } 667,65 \cdot \frac{146}{84} = 1160,44 \text{ кг/год}$$

$$\text{води: } 667,65 + 635,86 - 1160,44 = 143,07 \text{ кг/год}$$

Утворення циклічних ефірів (у перерахуванні на маслено-циклогексановий ефір):



$$\text{Витрата кисню: } 500,61 \cdot \frac{4,5 \cdot 32}{2 \cdot 84} = 429,09 \text{ кг/год}$$

Утворилося:

$$\text{ефіру: } 500,61 \cdot \frac{170}{2 \cdot 84} = 506,57 \text{ кг/год}$$

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

ДП 03.01. ПЗ

Об'ємна витрата рідкого циклогексану при температурі 20⁰С :

$317848,43/778,57 = 408,24 \text{ м}^3/\text{ч}$, (де 778,57 – густина рідкого циклогексану, кг/м³) [4, Прил., таблиця 6]

Об'ємна витрата повітря, що подається:

$$408,24 \cdot 38 = 15513,12 \text{ м}^3/\text{ч}$$

де 38 – об'ємна швидкість повітря розраховуючи на рідкий циклогексан.

Таблиця 4.3 – Склад повітря, що подається

Од. вим.	O ₂	N ₂	Усього
φ, %	21	79	100
V _τ , м ³ /ч	3257,78	12255,44	15513,12
m _τ , кг/ч	4655,2	15326,04	19981,24

$$\rho(\text{O}_2) = 1,42895 \text{ кг/м}^3, \rho(\text{N}_2) = 1,25055 \text{ кг/м}^3$$

Приймають об'ємну частку кисню у відпрацьованій АК– суміші 2,3%, тоді кисень на виході визначається балансом азоту.

Приймають, що в рідкій фазі, що залишає реактор розчиняється 3,5% азоту, що становить:

$$12255,44 \cdot 0,035 = 428,9 \text{ м}^3/\text{ч} \text{ або } 536,36 \text{ кг/год}$$

азот у газовій фазі:

$$12255,44 - 428,9 = 11826,54 \text{ м}^3/\text{ч} \text{ або } 14789,68 \text{ кг/год}$$

Кисень на виході з реактора:

$$\frac{11826,54 \cdot 100,0}{100,0 - 2,3} - 11826,54 = 278,41 \text{ м}^3/\text{ч} \text{ або } 348,17 \text{ кг/год}$$

					ДП 03.01. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Витрата кисню на виході:

$$4655,2 - 348,17 = 4307,03 \text{ кг/год}$$

Витрата кисню, затраченого на утворення масла «Х»:

$$4307,03 - 4108,71 = 198,32 \text{ кг/год}$$

Утворилося із циклогексану й кисневого масла «Х»:

$$419,4 + 198,32 = 617,72 \text{ кг/ч}$$

Крім розрахованих по рівняннях реакції речовин, у складі продуктів реакції перебувають:

$$\text{анон: } 3166,8 + 617,145 = 3783,945 \text{ кг/год}$$

$$\text{анол: } 6729,45 + 1234,29 = 7963,74 \text{ кг/год}$$

Таблиця 4.4 – Попередній матеріальний баланс реактора окислювання.

На вході		На виході	
Компонент	кг/год	Компонент	кг/год
Циклогексан свіжий	11124,59	Продукти реакції, не перетворені речовини, відпрацьоване повітря: циклогексан анон анол валеріанова кислота гідрокислоти адипінова кислота ефіри масло «Х» H_2O CO_2 O_2 N_2	306720,84 3783,945 7963,74 706,37 1101,18 1160,44 506,57 617,72 1010,3 566,93 348,17 15326,04
поворотний	306720,84		
анон	617,145		
анол	1234,29		
Разом	319698,87		
Повітря: кисень	4655,2	Усього	339680,11
азот	15326,04		
Разом	19981,24		
Усього	339680,11	Усього	339680,11

Розрахунок складу газової фази

					ДП 03.01. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Відповідно до діючого виробництва об'ємна частка кисню в газовій фазі складає 0,6–0,8% [12]. Приймають $\varphi_{O_2} = 0,7 \%$, тоді об'ємна витрата газової фази складе:

$$\frac{278,41 \cdot 100}{0,7} = 39772,86 \text{ м}^3/\text{ч}$$

До складу газової фази переходять: весь діоксид вуглецю, водяна пара і азот (за винятком розчиненого в рідкій фазі). Масові частки анона і анола (з розрахунку на їх вміст в продуктах реакції) що перейшли в газову фазу

складає по 12,4%.

Перейшло в газову фазу:

$$\text{анон: } 3783,945 \cdot 0,124 = 469,21 \text{ кг/год або } 107,248 \text{ м}^3/\text{год}$$

$$\text{анол: } 7963,74 \cdot 0,124 = 987,5 \text{ кг/год або } 221,2 \text{ м}^3/\text{год}$$

Інше в газовій фазі – циклогексан, тому:

$$39772,86 - (107,248 + 221,2 + \frac{1010,3 \cdot 22,4}{18} + \frac{556,93 \cdot 22,4}{44} + 278,41 + 11826,54) = 25793,58 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Таблиця 4.5 – Склад газової фази реактора–окислення.

Од. вим.	C_6H_{12}	$C_6H_{10}O$	$C_6H_{12}O$	H_2O	CO_2	O_2	N_2	Всього
V_{τ} , м ³ /ч	25793,58	107,248	221,2	1257,26	288,62	278,41	11826,54	39772,86
φ , %	64,9	0,27	0,56	3,12	0,73	0,7	29,72	100
M	84	98	100	18	44	32	28	—
m_{τ} , г/год	96725,93	469,21	987,5	1010,3	566,93	397,73	14783,18	114940,78

					ДП 03.01. ПЗ			Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				

Залишається в рідкій фазі реактора:

циклогексан: $306720,84 - 96725,93 = 209994,07$ кг/год

анон: $3783,945 - 469,21 = 3314,735$ кг/год

анол: $7963,74 - 987,5 = 6976,24$ кг/год

азот: $15326,04 - 14783,18 = 542,82$ кг/год

Таблиця 4.6 – Уточнений матеріальний баланс окиснення

На вході			На виході		
Компонент	кг/год	%	Компонент	кг/год	%
Циклогексан:			Рідка фаза		
свіжий	11124,59	3,48	циклогексан	209994,07	93,41
возвратний	306720,84	95,94			
анон	617,145	0,19	анон	3314,735	1,4
анол	1234,29	0,39	анол	6976,24	3,07
Разом	319698,87	100	валеріанова	706,37	0,31
			кислота		
			гідрокислоти	1101,18	0,49
			адіпінова	1160,44	0,52
			кислота		
Повітря:			ефіри	506,57	0,23
кисень	4655,2	23,3	масло «Х»	617,72	0,33
азот	15326,04	76,7	азот	542,82	0,24
Разом	19981,24	100	Разом	224920,145	100
			Газова фаза		
			C_6H_{12}	96725,93	84,22
			$C_6H_{10}O$	469,21	0,39

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

ДП 03.01. ПЗ

холодного циклогексану	50
повітря	30
процесу окиснення	150
Тиск, МПа:	
повітря, що подається:	1,02
процесу окиснення:	1,03

Розрахунок

Так як частина реакційної теплоти знімається за рахунок подачі в реактор холодного циклогексану, то метою теплового розрахунку є визначення витрати холодного циклогексана.

Рівняння теплового балансу в загальному вигляді:

$$Q_1 + Q_2 + Q_x + Q_p = Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_{втр}, \quad (4.7)$$

де Q_1 – тепловий потік «гарячого» циклогексана, що поступає, кВт

Q_2 – тепловий потік повітря, кВт

Q_x – тепловий потік холодного циклогексана, кВт

Q_p – теплота хімічних реакцій, кВт

Q_3 – тепловий потік рідкої фази, кВт

Q_4 – тепловий потік газової фази, кВт

Q_5 – теплота, що витрачається на випаровування речовин, кВт

$Q_{втр}$ – втрати тепла в навколишнє середовище, кВт

					ДП 03.01. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Витрату холодного циклогексана знаходять з рівності прихідних і витратних статей теплового балансу.

Теплові потоки Q_1, Q_2, Q_3, Q_4 знаходять по формулі [10, рівняння (40)]:

$$Q = m_{\tau} \cdot c \cdot t, \quad (4.8)$$

де m_{τ} – витрата речовини, кг/с;

c – питома теплоємність, кДж/кг·К;

t – температура, °С.

Таблиця 4.7 – Молярні теплоємності анона і анола в газоподібному і рідкому стані, Дж/(моль·К) [13, таблиця 8.1.], [2, с. 254].

	50°С		100°С		150°С		160°С		170°С	
	р	г	р	г	р	г	р	г	р	г
Анон	212,06	139,04	242,0	159,64	272,04	163,78	278,04	167,48	284,03	
Анол	237,06	160,84	276,1	181,99	315,19	186,55	323,00	190,52	330,82	

Молярні теплоємності інших сполук в газоподібному або рідкому стані розраховують по формулах для степеневого ряду [10, рівняння (43) і (44)]; значення коефіцієнтів в рівняннях див.[10, Додатки, таблиця 2 або 3].

Теплоємності компонентів, по яких відсутні довідкові дані розраховують по формулі [12, рівняння (5.12)]:

$$c = \frac{n_1 \cdot c_1 + n_2 \cdot c_2 + n_3 \cdot c_3 + \dots}{M}, \quad (4.9)$$

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

ДП 03.01. ПЗ

де c – удельная теплоёмкость, кДж/(кг·К)

$n_1, n_2, n_3 \dots$ – число атомов элементов, входящих в соединение;

$c_1, c_2, c_3 \dots$ – атомные теплоёмкости, Дж/атом;

M – молекулярная масса соединения, г/моль.

Значення атомних теплоємкостей хімічних сполук, що знаходяться в рідкому стані знаходять по [12, таблиця 4.1].

Валеріанова кислота $C_5H_{10}O_2$ $M = 102$ г/моль

$$c = 5 \cdot 11,7 + 10 \cdot 18,0 + 2 \cdot 25,1 = 288,70 \text{ Дж/(моль} \cdot \text{К)}$$

Гідропропіонова кислота $C_6H_{12}O_3$ $M = 132$ г/моль

$$c = 6 \cdot 11,7 + 12 \cdot 18,0 + 3 \cdot 25,1 = 361,50 \text{ Дж/(моль} \cdot \text{К)}$$

Адипінова кислота $C_6H_{10}O_4$ $M = 146$ г/моль

$$c = 6 \cdot 11,7 + 10 \cdot 18,0 + 4 \cdot 25,1 = 350,60 \text{ Дж/(моль} \cdot \text{К)}$$

Масляно–циклогексильовий ефір $C_{10}H_{18}O_2$ $M = 170$ г/моль

$$c = 10 \cdot 11,7 + 18 \cdot 18,0 + 2 \cdot 25,1 = 491,20 \text{ Дж/(моль} \cdot \text{К)}$$

Молярну теплоємність масла «х» приймаю по масляно–циклогексильовому ефіру, тобто 491,20 Дж/(моль·К).

Позначимо витрату циклогексана, що поступає для стабілізації теплового режиму m_x , тоді витрата «гарячого» циклогексана:

$$m_{\text{цг}} = (88,81 - m_x), \text{ кг/с}$$

Питому теплоємність суміші знаходять по формулі:

$$C_{\text{см}} = \sum (C_i \cdot \omega_i) / 100, \quad (4.10)$$

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

ДП 03.01. ПЗ

де C_{cm} – питома теплоємність суміші, кДж/(кг·К)

C_i – питома теплоємність компоненту, кДж/(кг·К)

ω_i – масова частка компоненту в суміші, % мас.

Значення молярних теплоємностей компонентів рідкої суміші визначені при $t = 130^\circ C$.

Таблиця 4.8 – Розрахунок питомої теплоємності зворотнього циклогексану

Од. вим.	C_6H_{12}	$C_6H_{10}O$	$C_6H_{11}OH$	Всього
C_{mi} , Дж/(моль·К)	156,48	260,08	291,75	–
M_i , кг/кмоль	84	98	100	–
ω_i , %	99,42	0,19	0,39	100,00
$\frac{C_{m_i} \cdot \omega_i}{100 \cdot M_i} \left(\frac{\partial \hat{A} \hat{a}}{\partial \hat{a} \cdot \hat{E}} \right)$	1,852	0,005	0,011	1,868

$$Q_1 = (88,81 - m_x) \cdot 1,868 \cdot 130 = 21566,62 - 242,840 \cdot m_x, \text{ кВт}$$

Молярна теплоємність повітря: $C_m = 29,35$ Дж/(моль·К), при температурі $t_b = 80^\circ C$ [9, таблиця XXVII].

Питома теплоємність повітря: $29,35 : 29 = 1,012$ кДж/(кг·К)

$$Q_2 = 5,55 \cdot 1,012 \cdot 80 = 449,328 \text{ кВт}$$

Тепловий потік холодного циклогексану:

$$Q_x = m_x \cdot c_{цг} \cdot t_{цг} \tag{4.11}$$

Питома теплоємність холодного циклогексана при температурі $t_{цг} = 50^\circ C$:

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДП 03.01. ПЗ				

$$c_{\text{шт}} = \frac{156,48 \cdot 99,4}{84 \cdot 100} + \frac{212,06 \cdot 0,2}{98 \cdot 100} + \frac{237,06 \cdot 0,4}{100 \cdot 100} = 1,866 \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$$

$$Q_x = m_x \cdot 1,866 \cdot 50 = (93,3m_x) \text{ , кВт}$$

Теплоту екзотермічних реакцій знаходять по формулі [10, рівняння (49)]:

$$Q_p = 1000 \cdot \overline{q_m} \cdot n_\tau, \quad (4.12)$$

де $\overline{q_m}$ – тепловий ефект реакції окиснення (без урахування фазових переходів), кДж/моль;

n_τ – мольний потік перетвореного циклогексана, кмоль/с

Тепловий ефект реакцій окиснення за даними виробництва, що діє, складає 387–587 кДж на 1 моль циклогексана [6].

Приймаю $\overline{q_m} = 487$ кДж/моль

$$n_\tau = \frac{11124,59}{3600 \cdot 84} = 0,0368 \text{ кмоль}/\text{с}$$

де 11124,59– витрата перетвореного циклогексану, кг/ч (розрахована раніше).

$$Q_p = 1000 \cdot 487 \cdot 0,0368 = 17915,59 \text{ кВт}$$

$$Q_{\text{прих}} = Q_1 + Q_2 + Q_x + Q_p = 21566,62 - 242,84 \cdot m_x + 449,328 + 93,3 \cdot m_x + 17915,59 = (39931,54 - 149,54 \cdot m_x) \text{ кВт}$$

Для визначення теплових потоків Q_3 и Q_4 розраховуємо питому теплоємність рідкої і газової фаз при температурі реакції $t = 150^\circ \text{C}$.

$$Q_3 = 62,48 \cdot 1,927 \cdot 150 = 18059,84 \text{ кВт}$$

$$Q_4 = 31,93 \cdot 1,789 \cdot 150 = 8568,42 \text{ кВт}$$

					ДП 03.01. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де $1,927$ – середня питома теплоємність рідкої фази, кДж/(кг·К)

$1,789$ – середня питома теплоємність газової фази, кДж/(кг·К)

Теплоту фазового переходу (паротворення, випаровування) знаходять по формулі [10, рівняння (5.1)]:

$$Q_5 = m_{\tau} \cdot r, \quad (4.13)$$

де Q_5 – теплової потік, кВт

m_{τ} – расход испарившегося вещества, кг/с

r – теплота парообразования вещества, кДж/кг

Теплоти пароутворення циклогексану, анону і анолу знаходять при $t = 150^{\circ}\text{C}$ див. [2, с. 255]; теплоту паротворення води див. [10, Додатки, таблиця 13].

$r_{\text{цг}} = 304$; $r_{\text{анон}} = 459,71$; $r_{\text{анол}} = 460,97$; $r_{\text{H}_2\text{O}} = 2120$ (кДж/кг)

$$Q_5 = 26,87 \cdot 304 + 0,13 \cdot 459,71 + 0,27 \cdot 460,97 + 0,28 \cdot 2120 = 8946,3 \text{ Вт}$$

Приймаю тепловтрати апарату 5% від витрати тепла, тоді витрата тепла складе:

$$Q_{\text{випр}} = \frac{(Q_3 + Q_4 + Q_5) \cdot 100}{100 - 5} = \frac{(18059,84 + 8568,42 + 8946,3) \cdot 100}{100 - 5} = 37446,91 \text{ кВт}$$

$$Q_{\text{втр}} = 37446,91 - (18059,84 + 8568,42 + 8946,3) = 1872,35 \text{ кВт}$$

Прирівнюючи статті приходу і витрати, визначимо витрату циклогексана, що поступає для стабілізації теплового режиму(холодного циклогексана):

$$39931,54 - 149,54 \cdot m_x = 37446,91$$

$$m_x = \frac{39931,54 - 37446,91}{149,54} = 16,615 \text{ кг/с} = 87411,34 \text{ кг/ч}$$

					ДП 03.01. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Уточнюємо статті теплового балансу:

$$Q_1 = 21566,62 - 242,84 \cdot 16,615 = 17531,83 \text{ кВт}$$

$$Q_x = 93,3 \cdot 16,615 = 1550,18 \text{ кВт}$$

Результати розрахунку заносимо в таблицю:

Таблиця 4.9 – Тепловий баланс реактора окиснення циклогексана

Приход			Расход		
Статті	кДж/с	%	Статті	кДж/с	%
1. Тепловий потік «гарячого» циклогексану	17531,83	47,7	1. Тепловий потік рідкої фази	18059,84	48,2
2. Тепловий потік повітря	449,328	1,2	2. Тепловий потік газової фази	8568,42	22,9
3. Тепловий потік «холодного» циклогексану	1550,18	3,3	3. Тепло випаровування речовин	8946,3	23,9
4. Тепло екзотермічних реакцій	17915,59	47,8	4. Тепловтрати реактора	1872,35	5,0
Разом:	37446,93	100	Разом:	37446,91	100

5. ВИБІР І РОЗРАХУНОК ОСНОВНОГО АПАРАТУ

Розрахунок реактора окиснення циклогексану

Рідкофазне окиснення циклогексану здійснюється послідовно в чотирьох секціях реактора барботажного типу. Сумарна конверсія циклогексану в секціонованому реакторі за один прохід складає 3,5–5,0%. Час перебування реакційної суміші 24 хв.(0,4 години).

Тепло реакції відводиться за рахунок випаровування основної частини циклогексана.

Повітря під тиском 1,0–1,31 МПа подається паралельно у всі 4 секції реактора через розподільні кільцеві трубопроводи з отворами діаметром 2 мм

Реактор – вертикальний, циліндричний апарат з сферичною кришкою і еліптичним відбортованим дном. Розділений на 4 секції сферичними тарілками.

Характеристика апарату, який використовується у промисловості:

Діаметр апарату, мм	3200
Загальна висота, мм	15750
Висота реакційної зони, мм	14650
Об'єм апарату, м ³	118
Об'єм: секція 1, м ³	35
секція 2, м ³	31
секція 3, м ³	28
секція 4, м ³	24
Матеріал	сталь 12Х18Н10Т
Робочий тиск, МПа	0,7–1,0
Коефіцієнт заповнення	0,85
Робоча температура, К	428

					ДП 03.01. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахунок апарату на задану потужність

$$m_{\tau} = 319698,87 : 3600 = 88,81 \text{ кг/с}$$

Густина суміші, що поступає, розраховують по формулі [10, рівн. (1.3)]:

$$\rho_{\text{см}} = \sum \rho_i \cdot \omega_i, \quad (5.1)$$

де $\rho_{\text{см}}$ – густина суміші, кг/м³;

ρ_i – густина І-го компонента, кг/м³;

ω_i – масова доля компонента в суміші, %, масс.

Густина циклогексану, анона і анолу при температурі 50 °С [2, с.248]:

циклогексан 749,93 кг/м³

анон 921 кг/м³

анол 926 кг/м³

$$\rho_{\text{см}} = \sum \rho_i \cdot \omega_i = (749,93 \cdot 99,4 + 921 \cdot 0,2 + 926 \cdot 0,4) : 100 = 751 \text{ кг/м}^3$$

При часі перебування речовин в реакторі $\tau = 24$ мин. робоча місткість апарату складе:

$$V_p = \frac{88,81 \cdot 24 \cdot 60}{751} = 170,29 \text{ м}^3$$

Визначаємо повний об'єм апарату, з урахуванням коефіцієнта заповнення:

$$170,29 / 0,85 = 200,34 \text{ м}^3$$

Визначаємо відношення висоти апарату до діаметра:

$$14650 / 3200 = 4,578$$

					ДП 03.01. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дата		

Складемо рівняння для визначення висоти и діаметра апарату заданої продуктивності :

$$V = (\pi d^2/4) \cdot h$$

$$V = (\pi d^2/4) \cdot 4,578 \cdot d$$

$$200,34 = 3,596 \cdot d^3$$

$$d^3 = 55,72$$

$$d = 3,82 \text{ м} = 3820 \text{ мм}$$

$$\text{Тоді висота, } h = 3,82 \cdot 4,578 = 17,48 \text{ м} = 17480 \text{ мм}$$

$$H = 17480 + 1100 = 18580 \text{ мм}$$

Розрахунок висоти кожної секції

$$V_{\text{кін}} = V_{\text{поч } i} \cdot \sum V_{\text{кін}} / \sum V_{\text{поч}}$$

$$h = V_{\text{кін } i} / (\pi d^2/4)$$

Таблиця 5.1 Результати розрахунків

	$V_{\text{поч}}, \text{ м}^3$	$V_{\text{кін}}, \text{ м}^3$	$h, \text{ мм}$
секція1	35	59	5160
секція2	31	52,5	4580
секція3	28	47,5	4160
секція4	24	41	3580
Σ	118	200	17480

6. ВИБІР ДОПОМІЖНОГО ОБЛАДНАННЯ

Розрахунок холодильника поз. ХК-2 .

Вихідні дані:

Температура суміші на вході в холодильник (трубний простір): $t = 135 \text{ }^\circ\text{C}$

Температура суміші на виході з холодильника: $t = 40 \text{ }^\circ\text{C}$

Температура води $t=28 \text{ }^\circ\text{C}$

Температура води $t=38 \text{ }^\circ\text{C}$

1. Визначення теплового навантаження:

$$Q = G_1 \cdot C_1 (t_{H1} - t_{K1}), \text{ кВт.} \quad (6.1)$$

де C_1 – питома теплоємність гарячого теплоносія (розчину), Дж/(кг·К) ;

G_1 – масова витрата гарячого теплоносія, кг/год;

t_{i1}, t_{e1} – початкова і кінцева температури гарячого теплоносія, $^\circ\text{C}$

Температура в кубі від 100 до 135 $^\circ\text{C}$, регулюється циркуляцією частини кубової рідини насосом, через теплообмінник, щоб при тиску від 0,7 до 1,0 МПа не допустити скипання азеотропної суміші циклогексан–вода в насосі.

У холодильник–конденсатор поступає розчин (головним чином циклогексан) в кількості 337,46 м³/год. Приймаємо, що циркулює 1/3 розчину, тоді при $t_{\text{вход}} = 135 \text{ }^\circ\text{C}$ и $\rho_{\text{цг}} = 666,5 \text{ кг/м}^3$ (Приймаємо розчин як чистий циклогексан) масова витрата рівна:

$$G_1 = \frac{337,46 / 3 \cdot 666,5}{3600} = 20,83 \text{ кг/год}$$

$$Q = 20,83 \cdot 2166,9(135 - 40) = 4287134,25 \text{ Вт}$$

Температурна схема процесу:



					ДП 03.01. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

301 К —————> 311 К

Визначення середньологарифмічної різниці температур за умови, що $\Delta t \geq 2$ розрахунок ведемо по формулі:

$$\Delta t_{CP} = \frac{\Delta t_B - \Delta t_M}{\ln \frac{\Delta t_B}{\Delta t_M}} \quad (6.2)$$

$$\Delta t_{CP} = \frac{(408 - 301) - (313 - 311)}{\ln \frac{(408 - 301)}{(313 - 311)}} = 26,4 \text{град}$$

Орієнтовний вибір теплообмінника.

Вирішення питання про те, який теплоносій направити в трубний простір, обумовлено його температурою, тиском, корозійною активністю, здатністю забруднювати поверхні теплообміну, витратою і ін. У даному прикладі в трубний простір з меншим прохідним перетином доцільно направити теплоносій з меншою витратою, тобто гарячий розчин. Це дозволить вирівняти швидкості руху теплоносіїв і відповідні коефіцієнти тепловіддачі, збільшуючи таким чином коефіцієнт теплопередачі. Крім того, направляючи потік холодної рідини в міжтрубний простір, можна відмовитися від теплоізоляції кожуха теплообмінника.

Прийmemo орієнтовне значення турбулентному режиму течії в трубах. Очевидно, такий режим можливий в теплообміннику, у якого число труб, що доводиться на один хід, рівне:

для труб діаметром $d_H = 20 \times 2$ мм

Поверхню теплообміну визначаємо по формулі:

$$F = \frac{Q}{K * \Delta T_{cp}} \quad (6.3)$$

Прийmemo орієнтовне значення коефіцієнта теплопередачі, відповідне турбулентному перебігу процесу (13 табл. 2.1) $K=600$ Вт/(м²·К). При цьому орієнтовне значення поверхні теплообміну складе:

$$F = 4287134,25 / (26,4 * 600) = 269,63 \text{ м}^2.$$

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

ДП 03.01. ПЗ

Приймаємо 2–х ходовий теплообмінник з такими характеристиками [13]:

Поверхня теплообміну, м ²	288,89
Діаметр кожуха (нар.), мм	800
Кількість труб, шт.	690
Довжина труб, мм	6000
Діаметр труб, мм	20x2
Матеріал труб	X17H13M2T

					ДП 03.01. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дата		

7. КОНТРОЛЬ РОБОТИ, НОРМИ І ПРАВИЛА ОБСЛУГОВУВАННЯ ОСНОВНОГО АПАРАТУ

7.1 Технічна структура автоматичної системи керування

Сучасні хіміко-технологічні процеси відрізняються високими швидкостями протікання технологічних процесів і хімічних реакцій, складними технологічними схемами, великою кількістю апаратів, складними умовами ведення процесу (високі температури і тиск). Виробництво аналону крім того є неперервним і багатотонажним; характеризується наявністю пожежо-вибухонебезпечних факторів, можливістю викиду шкідливих речовин у навколишнє середовище.

Керувати такими процесами, використовуючи застарілі засоби контролю і системи регулювання, забезпечуючи при цьому високі техніко-економічні показники (мінімальні витрати сировини, матеріалів та енергоресурсів, максимальний обсяг випуску продукції) і якість продукції, неможливо. Для цього в даному дипломному проекті запропоновано використовувати АСКТП на базі мікропроцесорного керуючого обчислювального комплексу (далі КОК) МСКУ-М.

Робочим режимом обраний режим безпосереднього цифрового керування. Працюючи в даному режимі, КОК виконує наступні функції: збір і обробку вимірювальної інформації, видачу технологічної інформації на пристрої контролю, формування керуючих впливів відповідно до заздалегідь заданих критеріїв оптимальності і видачу їх на виконавчі механізми.

У стандартній конфігурації МСКУ-М задіяні наступні блоки:

- РГ1 і РГ2 - блоки вхідних і вихідних гальванічних розв'язок. Основне призначення цих блоків полягає в захисті мікропроцесорного контролера від коротких замикань у схемах живлення датчиків і виконавчих механізмів;
- АЦП і ЦАП - блоки аналого-цифрового і цифро-аналогового

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДП 03.01. ПЗ				

перетворення сигналів;

- ЦПП - блок цифро-імпульсного перетворення сигналів;

- ЦДП і ДЦП - блоки цифро-дискретного і дискретно-цифрового перетворення сигналів;

- АЛГО - блок алгоритмічного перетворення сигналів.

МСКУ-М - працює з уніфікованими струмовими сигналами.

Робоче місце оператора технолога (РМОТ) обладнане пристроями контролю (КК) (дисплеї, монітори екрани, принтери тощо), панелями ручного керування (РУ) (в оперативного персоналу завжди повинна бути можливість перевести технологічний процес з автоматичного режиму на ручний і навпаки) і схему сигналізації, яка, як правило, виконується на мнемосхемі виробництва.

Через те, що виробництво аналону є пожежо - вибухонебезпечним, для регулювання використовуються пневматичні клапани типу "МИМ". У зв'язку з тим, що вихідний сигнал МСКУ-М є електричним, то на виході КОК необхідно використовувати електропневматичні перетворювачі ЕПП-86.

7.2 Контроль основних технологічних параметрів процесу

Для керування технологічним процесом синтезу аналону оператор-технолог повинен мати можливість у будь-який момент часу одержати повну інформацію про хід процесу. Для цього в даному дипломному проекті запропоновано вимірювати і виводити в ЦПУ і на КОК значення наступних технологічних параметрів:

- температура: реакційної суміші у реакторі окиснення РТ-1 (контролюється приладом поз. ТІР – 14а); підходящого до реактора циклогексану після розділового сосуда поз. Е-2 (контролюється приладом поз. ТІР – 8а); у верхній і нижній частинах скрубера-конденсатора поз. СК-1 (контролюється приладами поз. ТІР – 4а, ТІР – 5а); циклогексану

					ДП 03.01. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

потрапляючого після теплообмінника поз. ХК-2 в скруббер-конденсатор поз. СК-1 (контролюється приладом поз. TIR – 3а)

- рівень у збірнику поз. Е-2 (контролюється приладом поз. LIRA – 2а); у розділовому посуді поз. Е-2 (контролюється приладом поз. LIRA – 9а); у реакторі окислення (контролюється приладом поз. LIRA – 16а); у абсорбері поз. РТ-1 (контролюється приладом поз. LIRA – 17а); у розділових сосудах поз. Е-2/1,2,3 (контролюється приладами поз. LIRA – 22а, LIRA – 21а, LIRA – 20а відповідно);

- витрата циклогексанолу зі збірника поз. Е-1 (контролюється приладом поз. FIR – 1а); циклогексану на живлення реактору окислення поз. РТ-1 (контролюється приладом поз. FIR – 7а); повітря у кожному секцію реактора РТ-1 (контролюється приладами поз. FIR – 10а, FIR – 11а, FIR – 12а, FIR – 13а відповідно).

- тиск: реакційних газів у верхній частині скруббера-конденсатора поз. СК-1 (контролюється приладом поз. PIR – 6а); азеотропної суміші в розділовому посуді поз. Е-3/3 (контролюється по приладом поз. PIR – 18а); на виході оксидату зі стадії нейтралізації реакційної рідини (контролюється приладом поз. PIR – 19а).

Для вимірювання витрати у всіх випадках використовується метод змінного перепаду тиску. У трубопровід, по якому транспортується потік, встановлюється звужувальний пристрій (діафрагма типу ДКП), на якому при протіканні потоку створюється перепад тиску Р (виміряється дифманометром типу “Сапфір 22 ДД”). Вихідний сигнал даного приладу є струмовим уніфікованим. За величиною перепаду тиску визначають значення витрати.

Для вимірювання температури використовується термоелектричний перетворювач ТХК-0515. В основу роботи даної термопари покладений термоелектричний ефект. Якщо спай двох різнорідних провідників помістити в апарат, у якому необхідно виміряти температуру, то на вільних кінцях

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДП 03.01. ПЗ				

термопари з'явиться термо-ЕРС, яка пропорційна вимірюваній температурі. За величиною термо-ЕРС визначають значення температури. Вихідний сигнал термопари не уніфікований, тому їх використовують у комплекті з нормуючими перетворювачами Ш-78.

Для вимірювання рівня використовується буйковий рівнемір "Сапфір 22 ДУ". Чутливим елементом рівнеміра є буйок, який виготовляється з нержавіючої сталі і влаштовується безпосередньо в апарат. В основу роботи рівнеміра покладений закон Архімеда. При зміні рівня в апараті змінюється висота занурення буйка в робочу рідину. При цьому змінюється сила, яка виштовхує буйок, а отже, змінюється його вага. Вимірювальна схема перетворює зміну ваги буйка в уніфікований струмовий сигнал 4-20 мА, який подається на вторинний прилад і на КОК.

Для вимірювання тиску використовують вимірювальний перетворювач тиску "Сапфір 22 ДИ". В основу роботи даного перетворювача покладений тензометричний принцип. Він має уніфікований струмовий вихідний сигнал 4-20 мА. Вторинним приладом служить міліамперметр А-542 із пристроєм сигналізації (у тих випадках коли це необхідно).

Проходження уніфікованого струмового сигналу від датчиків по блоках МСКУ-М має наступну послідовність. Вихідний сигнал датчика поступає на перетворювач (якщо він необхідний), а далі через вхідну гальванічну розв'язку РГ1 і аналого-цифровий перетворювач подається в блок АЛГО. У блоці АЛГО проходить первинна обробка технологічної інформації і вироблення керуючих впливів на процес. Керуючі впливи і вимірювальна інформація з блоку АЛГО через блок ЦАП і вихідну гальванічну розв'язку РГ2 виводяться на пристрої контролю (КК), розташовані на робочому місці оператора технолога (РМОТ).

У випадку, якщо ведеться регулювання, з панелей ручного керування (РУ) сигнал через електропневматичний перетворювач подається на

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

ДП 03.01. ПЗ

виконавчий механізм.

Прилади і засоби автоматизації, які використані в даному проекті приведені в табл. 7.1.

Таблиця 7.1 – Відомість приладів

№ поз	Технологічний параметр	Найменування і тип приладу	Технічна характеристика
1	2	3	4
1а, 7а 10а, 11а, 12а, 13а	Витрата: - циклогексан, - повітря, - знесолена вода, - реакційної суміші.	Діафрагма камерна тип ДКП Дифманометр “Сапфір 22 ДД” Вторинний прилад А-542 Електропневматичний перетворювач ЕПП-63	Клас точності 0.1 Клас точн. 0.5, ΔР=63кПа, Р=5атм Клас точн. 0,5 шкала 0 – 10 м ³ /с Клас точн. 1.0, вих. сигнал 0.2-1 кгс/см ²
2а 9а, 20а, 21а, 22а 17а, 16а	Рівень у: збірнику Е-1 розділових сосудах Е-1, Е- 2/1,2,3 абсорбері АР-1 реакторі РЕ-1	Рівнемір буйковий “Сапфір 22ДУ” Вторинний прилад А-542 Електропневматичний перетворювач ЕПП-63	Клас точн. 0.5; діап. 0-1500 мм Клас точн. 0.5; шкала 0-100 % Клас точн. 1.0, вих. 0.2-1 кгс/см ²
3а, 4а, 5а, 8а, 14а	Температура у: скрубери СК-1 розділовому сосуді Е-2 реакторі РТ-1	Термоелектричний перетворювач ТХК-0515 Перетворювач, що нормує, Ш-78 Вторинний прилад А-542 із пристроєм сигналізації	Клас точності 3 Діапазон вимірювання 0-400 °С, інерційність не більш 45 сек Клас точн. 0.5 Вихідний сигнал 4-20мА Клас точн. 0.5 Шкала 0-400 °С

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

ДП 03.01. ПЗ

Продовження табл.. 7.1

1	2	3	4
6а, 18а	Тиск: у скрубери СК-1 розділовому сосуді Е-2/3	Вимірювальний перетворювач тиску “Сапфір 22ДИ” Вторинний прилад А-542 із пристроєм сигналізації	Клас точн. 0.5 Діап. вимір. 0-0.5 МПа Клас точн. 0.5 Шкала 0-0.5 МПа
19а	оксидату на виході	Електропневматичний перетворювач ЕПП-63	Клас точн. 1.0 Вих. сигнал 0.02- 0.1 МПа

					ДП 03.01. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

8. РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ І ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Найбільш традиційно вживаний сьогодні підхід при організації боротьби проти забруднення навколишнього середовища - будівництво очисних споруд. Проте це доцільно лише для пристосування існуючих виробництв до нових вимог екології, оскільки приводить до значного збільшення капітальних і експлуатаційних витрат і мало знижує реальні відходи. Головним напрямом вирішення проблеми екологічної безпеки слід вважати екологізацію хімічних виробництв, тобто створення екологічно чистих безвідходних, точніше, маловідходних технологічних виробництв, в яких найраціональніше і комплексно використовуються всі компоненти сировини і енергії і не порушуються нормальне функціонування навколишнього середовища і природна рівновага.

Можна виділити наступні основні напрями в здійсненні екологічно чистих технологічних процесів, зокрема нафтохімічних і хімічних:

- 1) комплексне використання і глибока переробка сировини. Виробництво повинне бути як можна менш ресурсоемним, здійснюватися з мінімумом витрат сировини і реагентів на одиницю продукції. Напівфабрикати, що утворюються, повинні передаватися як сировина іншим виробництвам і повністю перероблятися.
- 2) оптимальне використання енергії і палива. Виробництво повинне здійснюватися при мінімальних витратах енергії і палива на одиницю продукції (енергозберігаючі технології) отже, теплові забруднення навколишнього середовища також мінімальні. Енергозбереженню сприяють: укрупнення і енерготехнологічне комбінування процесів; перехід на безперервні технології; вдосконалення процесів розділення; застосування активних і селективних каталізаторів, що дозволяють проводити процеси при знижених температурах і тиску; раціональна організація і оптимізація

					ДП 03.01. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

теплових схем рекуперації енергетичного потенціалу потоків, що відходять; зниження гідравлічного опору в системах і втрат тепла в навколишнє середовище і т.д. Нафтопереробні і нафтохімічні підприємства є крупними споживачами палива і енергії. У їх енергетичному балансі прямого палива припадає на частку 43-45%, теплової енергії 40-42% і електричною 13-15% . Корисне використання енергетичних ресурсів не перевищує 40-42%, що приводить до перевитрати палива і утворення теплових викидів в навколишнє середовище;

3) створення принципово нових маловідходних технологічних процесів. Цього можна добитися вдосконаленням каталізаторів, техніки і технології виробництв. Маловідходні процеси ефективніші, ніж процеси з дорогими очисними спорудами. Економічніше отримувати невелику кількість сильно концентрованих відходів, які можна переробляти або ліквідувати за спеціальною технологією, чим великий об'єм сильно розбавлених відходів, що викидаються в біосферу.

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

5) забезпечення високої експлуатаційної надійності, герметичності і довговічності функціонування устаткування і всіх систем виробництв. Зведення до мінімуму або виключення вірогідності аварій, вибухів, пожеж і викидів отруйних речовин в навколишнє середовище. Розробка автоматизованих систем забезпечення екологічної безпеки виробництв і комплексів;

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

Заходи щодо попередження забруднення атмосфери

					ДП 03.01. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Основним напрямом, який забезпечує чистоту зовнішнього середовища, повинна бути організація технологічних процесів, яка включає викиди в атмосферу, відпрацьованих газів, пари, пилу.

Таблиця 8.1 - Викиди в атмосферу

Найменування викиду та шкідливих речовин в ньому; відділення, апарат, висота, діаметр	Кількість джерел забруднення	Сумарна кількість відходящих газів тис. м3/ год	Тривалість викидів год/рік	Характеристика викидів		Значення показника, мг/м3	Допустимі масові витрати норм компонентів шкідливих речовин кг/год	Сумарний викид кг/рік
				Тем-пература 0С	Найменування показника, од.			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Викидні гази після збірника циклогексану Д=0,07м, Н=17м циклогексан	1	0,00216	8400	40	Циклогексан-азот	24545 5-останнє	0,54	2970
Викидні гази після розчинників каталізаторів Д=0,06м, Н=22м циклогексан	2	0,001296	8400	40	Циклогексан - азот	26307 7-останнє	0,342	2440
Вентиляційні викиди з насосного відділення Д=0,5м Н=22м циклогексан, циклогексанон, циклогексанол	3	21,96	8400	25	Циклогексан, циклогексанон, циклогексанол	80 10 15	1,757 0,216 0,331	3681 200 170

циклогексано л								
-------------------	--	--	--	--	--	--	--	--

Продовження табл.. 8.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Вентиляційні викиди з приміщення теплообмінної апаратури Д=0,5м Н=22м циклогексан, циклогексанон, циклогексанол	1	17,64	8400	25	Циклогексан, циклогексанон, циклогексанол	80 10 15	1,411 0,547 0,266	1129 141 71
Вентиляційні викиди з приміщення приготування каталізаторів Д=0,35м Н=22м циклогексан, циклогексанон, циклогексанол	1	6,84	8400	25	Циклогексан, циклогексанон, циклогексанол	80 10 15	0,547 0,068 0,01	1011 300 200
Викиди від факела Д=0,4м Н=80м окисли вуглецю, азоту, вуглеводню	1	5,4	періодично	800	окисли вуглецю, азоту, вуглеводню		3,467 0,32 2,412	220 18 6

									Арк.
					ДП 03.01. ПЗ				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Викиди від устаткування окиснення, Н=12м циклогексан, окисли вуглецю, циклогексанол	1	1166,4	8760	оку жаю щая сред а	Цикло-гексан, окисли вуглецю, циклогексанол	0,15 0,1 0,05	0,169 0,115 0,0576	1472 995 498
---	---	--------	------	--------------------------------	---	---------------------	--------------------------	--------------------

Для запобігання забрудненню атмосфери передбачається:

- 1) Підтримка всіх параметрів технологічного процесу в межах норм технологічного режиму;
- 2) Експлуатація всього технологічного устаткування відповідно до вимог нормативних документів заводу-виготовника;
- 3) Постійний візуальний контроль стану фланцевих і інших з'єднань з боку технологічного персоналу;
- 4) Проведення гідро- і пневмовипробувань трубопроводів і апаратів пробним тиском перед введенням в експлуатацію після закінчення монтажних і ремонтних робіт;
- 5) Наявність системи скидання на факел високого тиску (ФВТ), через яку здійснюється скидання тиску при звільненні апаратів, а також через пружинні запобіжні клапана (ПЗК) в аварійних ситуаціях;
- 6) Наявність закритої дренажної системи, що дозволяє направляти продукт з апаратів, що звільняються, в закриті дренажні ємності з подальшою переробкою.

Методи захисту водоймищ від промислових стоків

Хімпідготовлена вода (ХПВ), що бере участь безпосередньо в технологічному процесі і щомісяця піддається аналізу, і може поступати в систему промканалізації. Всі промстоки поступають на очисні споруди

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДП 03.01. ПЗ				

підприємства, що передбачають фізико-хімічні, хімічні і біологічні методи очищення. Якщо ж концентрація водний - кислого шару перевищена, така вода прямує в закриті дренажні ємності. Проектом передбачається подальша переробка стоків і попадання, що виключає, їх в неприпустимих концентраціях в промстоки.

Таблиця 10.2 - Викиди у стічні води

Найменування викиду та шкідливих речовин в ньому; відділення, апарат.	Куди викидається	Кількість стоків м3/год	Періодичність викиду	Склад потоку по компонентах	
				Найменування показника	Значення показника
Водно-кислий шар	стічні води на БХО	1,5	постійно	1. масова частка кислот, % 2. масова концентрація ХПК мг/дм3 3. вода	не більше 3 не більше 14500 останнє
вода от сальников насосов	стічні води відкачуються на БХО	1,5	періодично	1. об'ємна частка органіки, % 2. масова концентрація ХПК мг/дм3 3. вода	отсутствует за розшаруванням не більше 100000 останнє

											Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДП 03.01. ПЗ						

Таблиця 8.3 -Тверді та рідкі відходи [6]

Найменування викиду та шкідливих речовин в ньому; відділення, апарат.	Де зберігається, транспорт, тара.	масова витрата кг/т	Періодичність утворення	Характеристика відходів		
				Найменована показника	значення показника	Щільність кг/м3
1	2	3	4	5	6	7
Смола після чистки апаратів: реактор окиснення, емностінейт рализації, трубопроводів	накопичувач твердих відходів, автотранспортом	0,6	1 раз на рік	масова доля солей заліза,% масова доля солей кобальту,% доля вологи, % шлам	не більше 0,3 не більше 0,5 не більше 1,5 останнє	600
водно-кислий шар	по трубопроводу	500	постійно	масова доля кислот масова концентрація ХПК мг/дм3	не більше 3 не більше 14500	1000
водний розчин адипатів натрію	по трубопроводу на калону відгонки розчиненої органіки, а потім на зпалювання по трубопроводу	1474	постійно	масова доля адипатів натрію,% масова доля рідкого натрію,% об'ємна частка органіки вода	не більше 20 0,5 -2 відсутня останнє	1120- 1160

Арк.

ДП 03.01. ПЗ

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
------	------	----------	--------	------

Продовження табл.. 8.3

1	2	3	4	5	6	7
масло "Х"	У відділення зпалюванн я кубових залишків по трубопрові ду в з/д цистернах споживаче ві	130	постійно періодично	Масова доля циклогекса на,% ВКК массовая доля циклогекса н-ола ВКК	не більше 20 останнє не більше 20 останнє	980- 1020 980- 1020

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДП 03.01. ПЗ

Арк.

9. ОХОРОНА ПРАЦІ

Охорона праці – це система законодавчих актів і відповідних їм соціально–економічних, технічних, гігієнічних й організаційних заходів, що забезпечують безпеку, збереження здоров'я й працездатності людини в процесі праці.

Проектуючи виробництво товарів народного споживання, необхідно керуватися принципом як можна більшого полегшення умов праці працюючого персоналу, запобігання нещасних випадків на виробництві, виключення можливості профзахворювань, виникнення пожеж, вибухів, аварій.

9.1 Основні фізико–хімічні властивості, токсичність, пожежа і вибухонебезпечність речовин, застосованих на виробництві [11]

У таблицях 9.1–9.2 наведені основні фізико–хімічні властивості, токсичність, пожежо– і вибухонебезпечність речовин, які застосовуються й добуваються на проектуваному виробництві.

Таблиця 9.1 – Основні фізико–хімічні властивості речовин

№ п/п	Назва сполуки	Емпірична формула	Агрегатний стан при н.у	Температура плавлення, °С	Температура кипіння, °С
1	Азот	N ₂	газ	-210	- 195.8
2	Циклогексан	C ₆ H ₁₂	рідина	6,6	80,8
3	Кисень	O ₂	газ	-210	- 195.8

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

ДП 03.01. ПЗ

Таблиця 9.2 – Характеристика токсичності

№ п/п	Речовина	Клас небезпеки	Характер дії на організм людини	ГДК в повітрі робочої зони, мг/м ³	Засоби індивідуального захисту
1	Азот	–	При атмосферному тиску має ядушливу дію	–	Шлангові протигази ПШ–1, ПШ–2
2	Кисень	4	Впливає задушливо на організм людини	Повна відсутність	–
3	Циклогексан	4	Наркотична дія. Дратує слизувату оболонку і викликає біль в голові	80,0	Протигаз фільтруючий марки А, спецодяг.
4	Бензол	3	Впливає шкідливо на нервову систему, має токсичні властивості. При багаторазовому впливі малих концентрацій на першому плані – зміна складу крові і кровотворних органів	5,0	Шлангові протигази марки А

9.2 Небезпечні і шкідливі фактори на виробництві

Процес одержання аналону з циклогексану відноситься до вибухонебезпечним, тому що процес проводиться під тиском при порівняно високих температурах.

Вибухонебезпечні гази, ЛЗЖ і пальні речовини, використані в відділенні, можуть бути, при необережному користуванні з ними, причиною виникнення вибуху, пожежі, отруєння, опіків і інших нещасливих випадків. [12].

					ДП 03.01. ПЗ			Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				

До основних небезпечних і шкідливих виробничих факторів на робочому місці апаратника окиснення відносяться:

- використання у виробничому процесі вибухопожежних, токсичних і небезпечних речовин;
- наявність на робочому місці стінок апаратів і трубопроводів з температурою вище 60 °С;
- вплив інфрачервоного (теплого) випромінювання від нагрітих поверхонь;
- недостатня освітленість робочого місця в темний час доби;
- підвищений рівень шуму;
- підвищена рухливість повітря (протяги) на відкритих площадках;
- вплив низьких температур у зимовий період;
- наявність високої напруги (220 В і 380 В);
- підвищений тиск виробничого процесу;
- наявність частин механізмів, що рухаються;
- нерегулярний режим роботи (по змінах);
- наявність запірної арматури нарівні вище 1,3 метри від рівня пола.

Вибухонебезпечність, пожежонебезпека, газонебезпечних у відділені окиснення визначаються:

а) застосуванням вибухонебезпечних, легкозаймистих, токсичних речовин (циклогексан);

б) можливістю утворення у виробничих приміщеннях вибухонебезпечних сумішей при розгерметизації устаткування.

Небезпека термічного опіку визначається високою температурою технологічного процесу (до 230 °С), використанням у цеху пари, конденсату водяника пари й інших речовин з температурою вище 60 °С.

Механічні травми (порізи, забиті місця, переломи кісток) можуть відбутися через порушення правил охорони праці при обслуговуванні

					ДП 03.01. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

рухливих елементів виробничого устаткування, піднімальних пристосувань і при виконанні інших робіт.

Отруєння шкідливими речовинами може відбутися від впливу на організм людини парів, газів, рідини, твердих речовин у виді пилу, що можуть попадати у середину організму людини через легені, шлунково-кишковий тракт і шкіру. До речовин, що можуть викликати отруєння, відносяться: каталізатори, циклогексан і їхні різні суміші.

Поразка електричним струмом може відбутися при неправильному обслуговуванні електроустаткування, при зіткненні з незаізольованими або незаземленими частинами електрокабелів і електропроводок.

При експлуатації відділення варто керуватися "Загальними правилами вибухобезпечності для вибухо – пожежно небезпечних, хімічних, нафтохімічних виробництв", "Правилами пожежної безпеки в Україні", "Системою стандартів безпеки праці", інструкціями, що входять у перелік обов'язкових інструкцій з даного робочого місця, а також іншими інструктивними і керівними матеріалами.

Захист від статичної електрики виробляється відповідно до "Правил захисту від статичної електрики" ДНАОП 0.00–1.29–97р. і ДСТ 12.1.018–93.

					ДП 03.01. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

Дипломна робота присвячена виробництву аналона, що здобуває все більше промислове значення як напівпродукт для синтезу адипінової кислоти й гексаметилендіаміна (мономери для виробництва волокна нейлон), а також капролактаму (мономер для виробництва волокна капрон). Аналон може застосовуватися також як розчинник нітрату целюлози, масел, жирів, феноло-формальдегідних смол і багатьох речовин використовуваних для готування лаків; здатний розчиняти сирий і вулканізований каучук. Уводиться як добавка у виробництві технічних мийних засобів і господарського мила.

У роботі представлені процеси окислювання циклогексану повітрям й одержання циклогексанолу і циклогексанону. Розглянуто технологію й апаратурне оформлення виробництва цих продуктів. Проведено розрахунки матеріального й теплового балансу процесу, а також розрахунок основного й допоміжного технологічних апаратів. Була розроблена технологічна схема.

Представлено правила охорони праці й навколишнього середовища при виробництві анола й анона.

					ДП 03.01. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

13. Основні процеси й апарати хімічної технології.. / Під ред. Ю.І. Дитнерського. – М.: Хімія,1983.

14. Машини й апарати хімічних виробництв. Приклади й задачі./Під Ред. В.Н. Соколова. – Л.: Машинобудування, 1982.

15. Альперт Л.З. Основи проектування хімічних установок – 3-є вид., перероб. й доп. – М.: Вищ. школа, 1982 .

16. Технологічна документація Сєверодонецкого ЗАО «Азот». - Сєверодонецк, 2005.

17. Нудлер Г.І., Тульчин І.К. Основи автоматизації виробництва – М.: Вища школа. 1974.

18. Інструкція № Л-1/2-1 по охрані праці. Відділення окиснення цеха спиртів і кетонів Л-1/2

19. Планова калькуляція собівартості продукції цеху спиртів й кетонів Л-1/2 виробництва анолону ЗАО «Азот» г.Сєверодонецьк

					ДП 03.01. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТКИ

					ДП 03.01. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		