РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка містить: 63 сторінок, 9 таблиць, 23 літературних джерел.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: АДИПІНОВА КИСЛОТА, СУШКА

Об'єкт проектування: стадія сушки виробництва адипінової кислоти з розробкою технологічної схеми.

Мета роботи: розробка виробництва адипінової кислоти потужністю 71000 т/рік з розробкою стадії сушки.

Основні технологічні показники: річна потужність установки 71 тис. т/рік. У дипломному проекті були розглянуті физико–хімічні властивості процесу, матеріальний, тепловий баланси. На підставі цього матеріалу вибраний найбільш перспективний метод сушки адипінової кислоти. Це доводиться його багатьма перевагами і можливостями удосконалення. У дипломному проекті вказані характеристики і норми утворення відходів; дана характеристика виробничих небезпек, методи і засоби їх запобігання, а також особливі вимоги безпеки. Підібрані засоби контролю і автоматизації технологічного процесу, запропоновані заходи щодо цивільної оборони.

ЗМІСТ

Вступ 2

1. Стислий аналітичний огляд з обґрунтуванням методу виробництва 3

2. Характеристика сировини, напівфабрикатів, готової продукції 18

3. Опис технологічної схеми 24

4. Матеріальні і теплові баланси 28

5. Вибір і розрахунок основного апарату 50

6. Вибір допоміжного обладнання 55

7. Контроль роботи, норми і правила обслуговування основного апарату 56

8. Ресурсозбереження і охорона навколишнього середовища 63

9. Охорона праці 66

Висновки 76

Список використаної літератури 77

Додатки

ВСТУП

Останнім часом спостерігається пришвидшення розвитку промисловості полімерних матеріалів. Дуже важливим по масштабах виробництва є поліамід 66, основним напівпродуктом для отримання якого служить адипінова кислота. Її розвиток стимулюється потребами промисловості в поліамідних волокнах і конструкційних полімерах. Крім того, адипінова кислота широко застосовується у виробництві пластифікаторів і синтетичних змащувальних масел, поліефірів і поліуретанів, як харчова добавка і ін.

Світове виробництво адипінової кислоти зосереджене в основному в США і Західній Європі (42% і 35%). Загальна світова потужність адипінової кислоти складає близько 2,5 *млн. т/рік*.

В цілому на світовому ринку характерна тенденція збільшення виробництва і споживання адипінової кислоти. Наявні потужності не задовольняють потреби в даному продукті, чому сприяє зростання споживання поліамідів, найлона, капролактаму.

Об'єм експорту з України має тенденцію зростання, що пояснюється прагненням українських підприємств вийти на зовнішні ринки. Не дивлячись на незначну частку українських виробників (2,2%) їх присутність внесла деякі корективи до рівня західноєвропейських цін.

Дослідження ринку сировинних ресурсів показало, що темпи приросту попиту на бензол за останні десятиліття склало 5% щорічно, причому збільшення попиту випереджає зростання пропозиції (4%). В Україні бензол виробляється в Донецьку, Кременчуці, Дрогобичі. Має місце експорт з Росії і Європи. Основним виробником бензолу є завод в м. Стерлітамак (Росія).

Світовий ринок адипінової кислоти можна розділити на наступні сегменти: Північна Америка (США і Канада) споживання адипінової кислоти в США в середньому на 10% перевищує її виробництво. 83% адипінової

кислоти використовується для виробництва найлона. Ціни на адипінову кислоту в США знаходяться у сфері державного регулювання і контролю, також як імпорт і експорт.

Країни Західної Європи виробляють близько 35% адипінової кислоти в світі. Попит на неї в даному сегменті має стійкі тенденції зростання – в середньому на 5–6% в рік. Даний факт пояснюється появою на ринку Західної Європи нових виробників, що використовують як сировину найлон.

Країни азіатсько–тихоокеанського регіону проводять близько 18% адипінової кислоти в світі. Загальне споживання адипінової кислоти в даному регіоні понижене на 30–40%.

Країни Східної Європи представлені двома виробниками: Україною (2,2%) і Росією (0,2%).

Ситуація на ринку залишається відносно стабільною. Стабілізуючим чинником є давальницька схема постачання сировини для виробництва адипінової кислоти [1].

1. СТИСЛИЙ АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД З ОБҐРУНТУВАННЯМ МЕТОДУ ВИРОБНИЦТВА

1.1 Існуючі засоби виробництва адипінової кислоти

Вченими було запропоновано ряд методів синтезу адипінової кислоти, заснованих на окисленні циклогексану, циклогексанола, циклогексанона, анолона, циклогексена і інших різними окислювачами. Розроблені методи синтезу адипінової кислоти озонолізом циклогексена і інших ненасичених з'єднань, з фурфурола через дихлорбутан і адиподинітріл, карбонілірування тетрагидрофурана і ін.

Отримання адипінової кислоти окисленням циклогексана і його похідних киснем або киснем повітря.

Реакція окислення циклогексана азотною кислотою з утворенням адипінової кислоти була вперше здійснена Зелінськім в 1903 році [2].

Мачинська і Веселовська (1944) окислювали повітрям циклогексанон у присутності розчинника – оцтової кислоти. Як каталізатор використовувався ацетат мангану. Після окислення в подовж 25 *годин* при 80–100 ^{0}C, вихід адипінової кислоти складав 70% з розрахунку на циклогексанон, що прореагував [3].

Американська фірма «Дюпон де Немур» запропонувала використовувати для окислення циклогексанона і іншіх циклоаліфатичних кетонів каталізатор, що складався зі суміші ацетатів мангану і барію.

Японська фірма «Тоа Госей кемікал індастрі» запропонувала спосіб отримання адипінової кислоти шляхом рідиннофазного окислення суміши циклогексанола, циклогексанона і циклогексана киснем або повітрям при 50–100^{0}С у присутності оцтової кислоти і каталізатора – солей мангану [4].

– Отримання адипінової кислоти озонуванням різних органічних сполук.

Отримання адипінової кислоти озонолізом циклогексена складається з декількох стадій: озонування циклогексена з утворенням проміжних полімерних з'єднань і потім окислювального розкладання цих з'єднань з утворенням адипінової кислоти

$$C_6H_{10} \xrightarrow[\text{окисл. разложение}]{O_3} HOOC–(CH_2)_4–COOH$$

(1.1)

Бейлі (1958) розробив процес, перший ступінь якого здійснювався у метанольному розчині при температурі від мінус 70 до мінус 75 ^0C і вмісті озону в кисні 2 – 6% [6].

Після відгонки метанолу при кімнатній температурі і залишковому тиску 0,5 *мм рт. ст.* полімерні продукти, що залишилися, розкладають сумішшю мурашиної кислоти і перекису водню. Вихід адипінової кислоти 73–85%.

Істмен і Сильверштейн вивчали озонування циклогексана в паровій фазі. При цьому з основним продуктом реакції – адипіновою кислотою – утворюється невелика кількість побічних продуктів – мурашина кислота і циклогександіол–1,2 [7].

Вене (1948) проводив окислення циклогексанона концентрованим перекиснем водню у присутності каталізатора – пероксиванадієвой кислоти. У продуктах реакції містилися 1,4–циклогександіон, адипінова кислота, адипальдегид і циклогексанон, що не прореагував [8] .

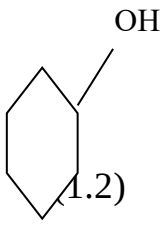
Адипінову кислоту одержують з тетрагидрофурана через дібром або діхлорбутан, що утворюються при взаємодії тетрагидрофурана з хлористим або бромистим воднем [10] .

Дихлорбутан обробляють цианістим натрієм для отримання динітріла адипінової кислоти з якого потім омиленням одержують адипінову кислоту.

Найбільший економічний зиск, на сьогоднішній день, має процес виробництва адипінової кислоти окисленням анолона азотною кислотою.

Адипінова кислота утворюється окисленням циклогексанола або аналона (суміш циклогексанола і циклогексанона) азотною кислотою, у присутності каталізатора: нітрату міді $Cu(NO_3)_2$ і метаванадата амонія NH_4VO_3 при тиску не вище 6,86 *кПа* (700 *мм вод. ст.* надмірне) і температурі 75 – 90 ^0C в триходовому реакторі колонного типу.

Реакція утворення адипінової кислоти йде через утворення карбоксинітролової кислоти:



$$+ 2\ HNO_3 \longrightarrow HOOC - (CH_2)_4 - C(=NOH)(NO_2) + 2\ H_2O \qquad (1.2)$$

У середовищі нітратної кислоти карбоксинітроловая кислота розкладається з утворенням адипінової кислоти, закису азоту і азотноватистої кислоти.

$$2\ HOOC - (CH_2)_4 - C(=NOH)(NO_2) + 2\ H_2O \rightarrow 2HOOC - (CH_2)_4 - HOOC + N_2O + H_2N_2O_2 \qquad (1.3)$$

Азотнуватиста кислота в середовищі нітратної кислоти розкладається за рівнянням:

$$5H_2N_2O_2 \longrightarrow 2\ HNO_3 + 4\ H_2O + 4\ N_2 \qquad (1.4)$$

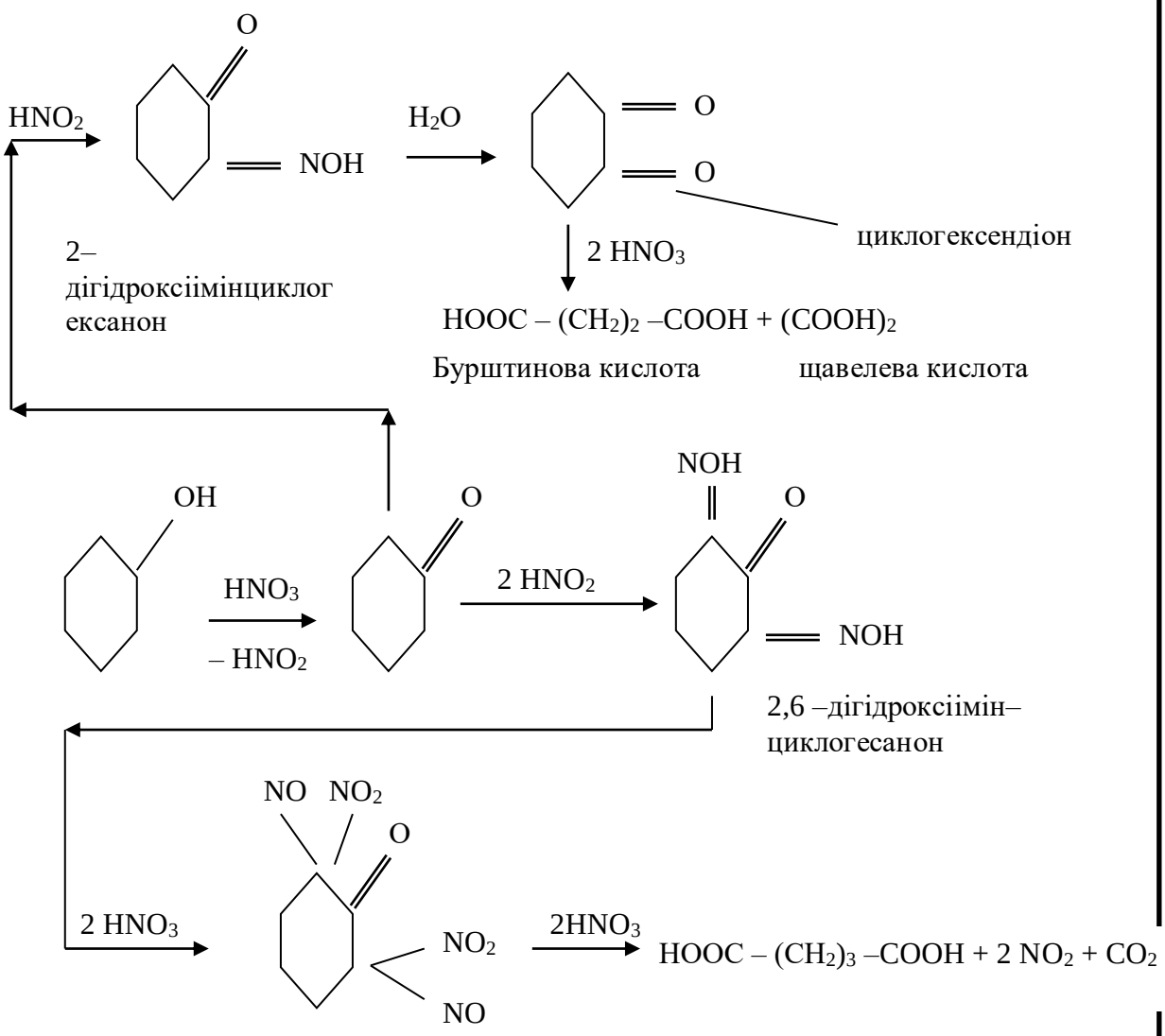
Стехіометричне рівняння реакції окислення виходить при підсумовуванні рівнянь 2, 3, 4 з урахуванням необхідних стехіометрічних коефіцієнтів.

$$10\ C_6H_{11}OH + 18\ HNO_3 \rightarrow 10\ HOOC - (CH_2)_4 - HOOC + 5\ N_2O + 4\ N_2 + 19\ H_2O \qquad (1.5)$$

Реакція окислення протікає екзотермічно з виділенням 3420 *ккал* на 1 *кг* органічної сировини, що прореагувала. Відведення тепла реакції здійснюється в ректифікаційній колоні за рахунок випаровування реакційної води і подачі в реактор реакційного розчину з температурою 65–75 ^{0}C [10].

При окисленні циклогексанола (анолона) азотною кислотою відбуваються побічні реакції з утворенням нижчих дікарбонових кислот.

Реакція утворення нижчих дікарбонових кислот йде через утворювання на проміжних стадіях реакції циклогексанона, 2,6–дінітродінітрозоциклогексанона і циклогексендіона[11].



2,6 дінітродінітрозоциклогексанон глутарова кислота

Таким чином, видалення оксидів азоту і вуглекислоти пов'язане з утворенням суміші дікарбонових кислот.

Застосування мідно–ванадієвого каталізатора дозволяє змістити рівновагу реакції окислення циклогексанола (анолона) азотною кислотою у бік утворення адипінової кислоти, при 100%–вом перетворенні циклогексанола або анолона [12].

Частина розчину адипінової кислоти з циклу окислення безперервно подається на вакуумну кристалізацію. Для отримання кристалічної адипінової кислоти, що відповідає вимогам за якістю, проектом передбачена двуступінева перекристалізація адипінової кислоти з водних розчинів.

Адипінова кислота після другої перекристалізації відправляється на сушку, після якої по лінії пневмотранспорта видається на склад готової продукції у вигляді товарного продукту.

Технологічні і промивні кислі і лужні стоки, що утворюються в процесі отримання адипінової кислоти і суміші дікарбонових кислот поступають на стадію нейтралізації, де відбувається їх взаємна нейтралізація.:

$$HNO_3 + NaOH \longrightarrow NaNO_3 + H_2O \qquad (1.6)$$

$$C_6H_{10}O_4 + 2\ NaOH \longrightarrow C_6H_8O_4Na_2 + 2\ H_2O \qquad (1.7)$$

Після нейтралізації промислово–брудні стоки видаються на установку нейтралізації стоків виробництва органічних продуктів з ароматичної сировини.

Суміш дікарбонових кислот у вигляді розчину постійно виводиться з циклу окислення циклогексанола (анолона) і прямує на стадію регенерації нітратної кислоти, де нітратна кислота отгоняєтся і повертається в цикл

окислення, а суміш дікарбонових кислот, після очищення від смол, солей міді і ванадію на іонообмінних фільтрах виділяється у вигляді кристалів і прямує на склад готової продукції, де як товарний продукт розфасовується в мішки. Соли міді і ванадію, що виділяються в процесі регенерації іонообмінних фільтрів, повертаються в цикл окислення [11,12].

1.2 Теоретичні основи процесу сушіння

Призначення сушіння

Сушіння – це процес видалення вологи із твердого або пастообразного матеріалу шляхом випару рідини, що втримується в ньому, за рахунок підведення до матеріалу тепла. Можна видаляти вологу з матеріалу й механічним шляхом (віджиманням), але цей метод використається для попередньої обробки твердих і пастообразних речовин. Сушіння – це термічний процес, що вимагає значної витрати тепла.

Сушіння в хімічній промисловості звичайно є завершальним процесом у виробництві майже всіх продуктів. Як правило, у хімічній промисловості не доводиться сушити продукти у вигляді великих шматків. Тут має місце сушіння матеріалів, що бгаються, у вигляді крихти (капронова крихта), пилу, м'яких зерен (сода, селітра, суперфосфат) і паст (барвники). Це обумовлено тим, що технологічні процеси в основному протікають у рідкій фазі й готовий продукт після реакції виходить у вигляді паст, рідких або густих суспензій, емульсій.

Сушіння застосовується у виробництвах нітрату натрію, калієвої селітри, сульфату амонію, бікарбонату натрію, у виробництві ядохімікатів, широко поширені сушіння й у виробництві пластмас, синтетичних і штучних волокон (вініфлекс, полівініловий спирт й ін.).

Іноді сушіння сполучається з деякими іншими процесами, наприклад розмелом, прожарюванням, екстракцією.

Основні методи сушіння

Розрізняють конвективную сушіння, контактне, радіаційну, сушіння електричним струмом і сушіння сублімацією. Перші три методи найпоширеніші в хімічній промисловості. При конвективній сушінню тепло передається від теплоносія до поверхні матеріалу, що висушує, і відбувається випар вологи з поверхні матеріалу в теплоносія. Як теплоносій застосовують повітря, димові або інертні гази.

При контактному сушінні йде передача від обігріває перегородки, що, до матеріалу, що лежить на ній. Волога поглинається або повітрям, або проміжним середовищем.

При радіаційному сушінні тепло передається тонкому шару матеріалу, або поверхні його, покритої лаками або фарбами, від електричних або газових інфрачервоних випромінювачів. Сушіння протікає інтенсивно. Сушарки відрізняються малою інерційністю.

Електричний струм застосовується для сушіння деревини, пінопласту, штучного волокна й т.д. Цей метод сушіння відрізняється дорожнечею.

Сушіння сублімацією або молекулярним сушінням, що відбувається при значному вакуумі в сушильній камері, частіше застосовується в харчовий, чим у хімічній промисловості, з метою збереження об'єму, кольори, заходу, смакових і біологічних властивостей матеріалу. Устаткування для цього методу сушіння відрізняється складністю.

Крім зазначених, існують і комбіновані методи сушіння, при яких сполучаються конвективне й високоякісне сушіння, сушіння інфрачервоними променями й повітряна конвективне сушіння, що знижує витрати на сушіння.

Основні типи сушарок, використовуваних у хімічній промисловості

Класифікація сушарок

Сушіння матеріалів, напівпродуктів або готових виробів використається практично у всіх галузях промисловості. Для сушіння застосовуються різноманітні сушарки, що відрізняються по ряду ознак, які покладені в основу класифікації, наведеної нижче [14]:

Таблиця 1.1 – Класифікація сушарок

Ознака класифікації	Типи сушарок
1	2
Тиск у робочому просторі	Атмосферні, вакуумні, під надлишковим тиском
Режим роботи	Періодичної або безперервної дії
Вид теплоносія	Повітряні, на димових або інертних газах, на насиченій або перегрітій парі, на рідких теплоносіях
Напрямок руху теплоносія щодо матеріалу	Прямоточні, протиточні з перехресним струмом, реверсивні
Характер циркуляції теплоносія	Із природною й примусовою циркуляцією
Спосіб нагрівання теплоносія	З паровими повітронагрівачами, з топковими пристроями, з електронагрівниками, комбіновані
Кратність вико–ристання теплоносія	Прямоточні або рециркуляційні
Спосіб видалення вологи із сушарок	З теплоносієм, що відходить, із продувним повітрям, компенсаційні, з хімічним поглинанням вологи

Продовження таблиці 1.1

1	2
Спосіб підведення тепла до матеріалу	Конвективні, контактні, із променистим нагріванням (радіаційні), з нагріванням струмами високої частоти, з акустичним або ультразвуковим нагріванням
Вид матеріалу, що висушує	Для крупнодисперсних, тонкодисперсных, пилоподібних, стрічкових, пастообразных матеріалів, рідких розчинів або суспензій
Гідродинамічний режим	Із щільним нерухомим шаром, що перемішує шаром, зваженим шаром (пседосжиженный шар, що фонтанирует шар, пневмотранспорт, закручені потоки), з розпиленням у потоці теплоносія
Конструктивний тип сушарки	Камерні шахтні, стрічкові, барабанні, трубчасті й т.д.

Найбільш економічними за витратою тепла є протиточні сушарки. Прямоточні сушарки застосовуються в тих випадках, коли осушаємий матеріал не витримує високої температури наприкінці сушіння. Як видно з наведеної класифікації, по конструктивних особливостях сушарки досить різноманітні. Барабанні сушарки широко застосовують для сушіння палива, руди, добрив, ядохімікатів, содопродуктів і т.д., тунельні, шахтні, лісточні, конвеєрні й петлеві – для сушіння віскози, літонолу, барвників і т.д.

Широко застосовуються пневмосушарки, розпилюваючі сушарки, сушарки зі зваженим шаром матеріалу (для сушіння адипінової і лимонної кислоти, сечовини, бури й фенопластів). Контактні сушарки застосовуються для сушіння пасти азофарбників, паперу, гексахлорану [14,15].

Сушіння матеріалів у киплячому шарі

Сушарки конвективного типу ставляться сушіння з так називаним киплячої, або псевдозрідженим шаром. Ці сушарки широко застосовуються в хімічній промисловості для сушіння зернистих, сипучих, а в ряді випадків і пастообразних матеріалів. Вапняк, пісок, паливо, сульфат амонію, хлористий калій, вініфлекс, поліетилен і себацинову кислоту, а також ряд інших продуктів можна висушити в киплячому шарі. Переваги цього способу сушіння – в інтенсивному перемішуванні твердих часток і теплоносія, у великій поверхні контакту фаз і простоті конструкції сушарки.

При подачі повітря через шар зернистого матеріалу знизу останній фільтрується. Перепад тиску в шарі зростає. З підвищенням швидкості газу збільшується тиск на частки й при досягненні критичної швидкості (швидкості псевдозрідження), частки піднімаються й хаотично циркулюють у шарі. При цьому перепад тиску в шарі практично стає постійним. З подальшим ростом швидкості газу частки виносяться із шару.

У стані псевдозрідження частки твердого матеріалу інтенсивно перемішуються в шарі, у результаті чого збільшується поверхня контакту фаз, а температура й концентрація в повному обсязі вирівнюються. Швидкість процесу при цьому різко зростає. Таким чином, використання киплячого шару для сушіння матеріалів дозволяє домогтися рівномірності сушіння при високій інтенсивності процесу.

Можливість регулювання температури й часу перебування матеріалу в сушарці певною мірою компенсує недолік, пов'язаний з підвищеними витратами електроенергії для створення тисків повітря 500 мм рт. ст. і вище. Процес псевдозрідження часто супроводжується виникненням і рухом газових міхурів, які є причиною кількаразового псевдозрідження.

Кінетика сушіння

Видалення вологи з матеріалу при сушінні, відповідно до основних положень вагопередачі, здійснюється наступним шляхом. Волога з товщі вологого матеріалу переміщається до поверхні розділення фаз за рахунок масопроводності. Від поверхні роздягнула фаз волога передається в ядро газового потоку за рахунок конвективної дифузії.

В загальному випадку це явище масопередачі описується залежністю [16]:

$$\frac{C - C_p}{C_H - C_p} = f(Bi_g, Fo_g, \frac{Z}{\delta}) \qquad (1.8)$$

де: С – вологість матеріалу в будь–який момент часу в крапці, що відстоїть на відстані Z від поверхні;

Сн – початкова вологість матеріалу;

Порівн – вологість матеріалу, рівноважна вологовмісту газу $\overline{X}$;

Bi_g – дифузійний критерій Био;

Fo_g – дифузійний критерій Фур'є;

δ – визначальний розмір.

Однак стосовно до конкретних випадків кінетичні закономірності сушіння можуть бути представлені більше простими залежностями. Позначивши кількість води, що випаровує при сушінні, d, поверхня фазового контакту F і час сушіння dδ, виразимо швидкість сушіння як d/Fdδ.

Як показують досвіди, при сушінні вологих матеріалів у більшості випадків швидкість сушіння істотно змінюється зі зміною вологості матеріалу. При цьому спостерігаються типові періоди сушіння. На початку процесу швидкість сушіння виявляється постійної, не залежний орт вологості матеріалу.

Цей період постійної швидкості, або перший період, характерний тим, що віддаляється лише вільна волога, і процес сушіння визначається законами дифузії рідини від її поверхні в газову фазу. Величина дифузійних опорів

усередині вологого матеріалу мала в порівнянні з дифузійними опорами в зовнішній області, і швидкість процесу визначається дифузією в зовнішній області.

Кінетичний закон для першого періоду виражається рівняннями [16]:

$W = \beta_x(Хнас – X)$ (1.9)

$W = \beta_p(Рнас – P)$ (1.10)

де: W – кількість випаруваної рідини, *кг/код*;

F – поверхня фазового контакту, $м^2$;

Хнас – абсолютна вологість насиченого повітря в умовах сушіння *кг/кг*

сухого повітря;

X – дійсна (робоча) абсолютна вологість насиченого повітря в умовах сушіння *кг/кг* сухого повітря;

Р*нас* – парціальний тиск водяної пари в насиченому в умовах сушіння повітрі, *Па*;

P – дійсний парціальний тиск водяної пари в повітрі, *Па*;

β_x – коефіцієнт массоотдачи, *кг*/($м^2$**год***кг/кг сухого повітря*);

β_p – коефіцієнт массоотдачи, *кг*/($м^2$**год***Па*).

Перший період сушіння відповідає зміні вологості матеріалу в межах Сн – Скр (початкова вологість – критична вологість). При вологості матеріалу С < Скр наступає другий період сушіння – період зменшуваної швидкості. Для цього періоду характерно те, що дифузійний опір у зовнішній області стає порівнянним з дифузійним опором усередині матеріалу, що висушує, а потім значно менше його й, отже, швидкість процесу визначається швидкістю масопроводності.

Кінетичний закон для другого періоду виражається рівнянням [16]:

$W = KF(C – Cp)$ (1.11)

де: К – коефіцієнт швидкості сушіння, *кг/(м²*год*кг/кг сухого повітря*);

С –вологість матеріалу в цей момент*, кг/кг сухого матеріалу*;

Ср – рівноважна вологість матеріалу, *кг/кг сухого матеріалу*.

Слід зазначити, що це кінетичний закон описує явище лише приблизно. Дійсно, зміна швидкості сушіння в межах зміни вологості Скр – Ск (критична вологість – кінцева вологість) може й не діяти за лінійним законом.

У випадках, коли в ході сушіння й у результаті її поверхня шматків матеріалу, що висушує, покривається кіркою висушеного матеріалу, швидкість процесу зменшується й виражається на графіку кривій, розташованої нижче прямої лінії Скр – Ср. В інших випадках, коли в результаті сушіння відбувається розтріскування шматочків матеріалу, що висушує, а в результаті цього збільшення поверхні фазового контакту, швидкість сушіння збільшується й виражається на графіку кривій, розташованої вище прямій Скр – Ср.

Кінетичні рівняння дозволяють знаходити основні габарити сушильних апаратів. Основними величинами, що визначають габарити, є в періодично діючих апаратах – час сушіння; у безперервно діючих апаратах – необхідна поверхня фазового контакту.

Очевидно, не завжди сушіння вологого матеріалу складається з першого й другого періодів. В окремих випадках весь процес укладається в інтервалі влажностей Сн – Скр, що відповідає тільки першому періоду, а іноді – в інтервалі влажностей Скр – Ск, що відповідає тільки другому періоду. У загальному випадку потрібно мати на увазі процес сушіння, що складається як з першого, так і із другого періоду.

Відповідно до загальному випадку для періодичних процесів визначається загальна тривалість сушіння [16]:

$$\tau_{про} = \tau_1 + \tau_2, \quad (1.12)$$

де: τ_1 й τ_2 – тривалість сушіння відповідно в першому й у другому періоді, τ.

Для безперервного процесу сушіння визначають сумарну поверхню фазового контакту, необхідну для першого й другого періодів сушіння [16].

$$F_{об} = F_1 + F_2, \quad (1.13)$$

де: F_1 й F_2 – поверхні фазового контакту, необхідні для проведення відповідно першого й другого періодів сушіння, $м^2$.

Перелічимо фактори, що прискорюють процес сушіння. З підвищенням температури сушіння парціальний тиск водяної пари у матеріалі збільшується, а разом із цим зростає й рушійна сила процесу. Зі зменшенням тиску в об'ємі, куди поміщений висушуємий матеріал, знижується і парціальний тиск водяної пари в просторі над матеріалом, що також збільшує рушійну силу процесу. З ростом швидкості газового потоку над висушуємим матеріалом, збільшується коефіцієнт ваговіддачі, отже, підвищується швидкість процесу. При здрібнюванні й перемішуванні матеріалу, що висушується, «оновлюється» поверхня фазового контакту, що приводить до зменшення дифузійних опорів усередині матеріалу і збільшенню швидкості процесу.

2. ХАРАКТЕРИСТИКА СИРОВИНИ, НАПІВФАБРИКАТІВ, ГОТОВОЇ ПРОДУКЦІЇ

2.1 Фізико–хімічна характеристика основних, проміжних і кінцевих продуктів

Таблиця 2.1 – Характеристика сировини, матеріалів і напівпродуктів [11]

Найменування сировини, матеріалів, напівпродуктів	Міждержавний, державний або галузевий стандарт, технічні умови, регламент або методика	Показники, обов'язкові для перевірки (найменування і одиниця вимірювання)	Показники, які регламентуються з допустимими відхиленнями
1	2	3	4
Сировина Натр їдкий технічний	Регламент №116 цеху	Масова частка, % гідроокису натрію	від 20 до 40
Напівфабрикати Циклогексанол –ректифікат	Регламент № 52 цеху спиртів і кетонів	1 Масова частка, %: циклогексанола циклогексанона висококиплячих компонентів води	1.1не менше 98,65 1.2не більше 0,9 1.3не більше 0,35 1.4не більше 0,1
Анолон	Регламент №52 цеху спиртів і кетонів.	1 Масова частка, %: циклогексанона циклогексанола висококиплячих компонентів спиртів води	1.1не менше 65,0 1.2не більше 35,0 1.3не більше 0,25 1.4не більше 0,1 1.5не більше 0,1
Кислота нітратна неконцентрована (вибілена)	Регламент цеху № 5/6	1 Зовнішній вигляд 2 Масова частка, %: нітратної кислоти оксидів азота залишку після прожарення заліза	1 Безбарвна або жовта рідина без механічних домішок; 2.1не менше 58,0; 2.2не більше 0,15; 2.3не більше 0,0025; 2.4 не більше 0,001

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4
Кислота нітратна неконцентрована (не вибілена)	Регламент цеху № 5/6	1Зовнішній вигляд 2 Масова частка, %: нітратної кислоти оксидів азоту залишку після прожарення заліза	1 Безбарвна або жовта рідина без механічних домішок; 2.1не менше 58,0; 2.2не нормується; 2.3не більше 0,0025; 2.4не більше 0,001

Таблиця 2.2 – Фізико–хімічні властивості адипінової кислоти [11]

Найменування властивості (константи) і одиниця вимірювання	Значення фізичної величини с граничними відхиленнями		Джерело інформації
	I сорт	Вищий сорт	
1	2	3	4
Зовнішній вигляд	Біла кристалічна речовина	Біла кристалічна речовина	Державний стандарт 10558–80 зі зм.1–3 “Кислота адипі–нова”
Масова частка адипінової кислоти,%	не менше 99,7	не менше 99,7	
Кольоровість розчину за платино–кобальтовою шкалою, од.Хазена,	не більше 20	не більше 5	
Температура плавлення,^0C	не менше 151,0	не менше 151,5	
Масова частка води,%	не більше 0,30	не більше 0,27	
Масова частка золи,%	не більше 0,005	не більше 0,003	
Масова частка нітратної кислоти,%	не більше 0,008	не більше 0,001	
Масова частка заліза,%	не більше 0,006	не більше 0,0003	
Кольоровість розплаву за платино–кобальтовою шкалою, ед.Хазен	не нормується	не більше 50	

Продовження таблиці 2.2

1	2–3	4
Покращена		
Зовнішній вигляд Масова частка адипінової кислоти, % Кольоровість розчину за платино–кобальтовою шкалою, од.Хазена, Температура плавління,^0C Масова частка води, % Масова частка золи, % Масова частка нітратної кислоти, % Масова частка заліза, %, Масова частка речовин, що окислюються, в перерахунку на щавелеву кислоту, % Кольоровість розплаву по платино–кобальтовій шкалі, од. Хазена,	Біла кристалічна речовина не менше 99,8 не більше 2,5 не менше 152,0 не більше 0,18 не більше 0,0015 не більше 0,0003 не більше 0,00005 не більше 0,004 не більше 35	ТУ.У6–05761672.178–98 “Кислота адипінова покращена”
Температура кипіння,^0C Щільність, *кг/м*^{3} Насипна вага, *кг/м*^{3} Пружність пари, *Па* Розчинність у воді, % Питома теплоємність, *ккал/кг*град* Теплота паротворення, *ккал/кг*град* Температура спалаху, ^0C Температура самозаймання, ^0C Температура займання, ^0C	330,5 при 0,1*МПа*(760 *мм рт. ст.*) 1336 при 0 ^0C 700 9,71 (0,073 *мм рт. ст.*) при 18,5^0C 1,45 вагових при 15^0C 0,583 131 196 410 320	«Довідник хіміка», видавництво хімія,1968р. 1–6 том.

Суха суміш дикарбонових кислот – ще один продукт виробництва, який по суті є відходом виробництва адипінової кислоти, що представляє собою кристалічну лускату речовину, від темно–зеленого до темно–сірих

кольорів. Суха суміш дікарбонових кислот виходить шляхом випарювання й наступної кристалізації маткового розчину.

Формула НООС – $(CH_2)n$ – СООН, де n = 2 – 4. Молекулярна маса (за міжнародними атомними масами 1971 р.) – 118 – 146.

Суха суміш дікарбонових кислот випускається згідно ТУ – 113 – 03 – 20 – 70 – 82 і змін до нього № 1, 2, 3 і повинна відповідати вимогам:

Таблиця 2.3 – Вимоги ТУ – 113 – 03 – 20 – 70 – 82.

Найменування властивості (константи) і одиниця виміру	Значення фізичної величини із граничними відхиленнями	
	2 сорт	1 сорт
Зовнішній вигляд	Лусочки від зеленого до сірих кольорів	Лусочки від світло–бежевого до коричневих кольорів
Кислотне число, *мг(КОН)/г*	700 – 900	700 – 900
Масова частка міді, *%*	не більше 2,5	не більше 0,015
Масова частка ванадію, *%*	не більше 1,0	не більше 0,005

3. ОПИС ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ

Агрегат сушіння адипінової кислоти призначений для сушіння адипінової кислоти у псевдозрідженному шарі. Агрегат сушіння адипінової кислоти працює під розрідженням для запобігання проникнення адипінової кислоти до робочої зони.

Зі стадії центрифугування волога кристалічна адипінова кислота надходить у сушарку СШ з вібропіддоном. Потужність вузла сушіння забезпечує одержання всієї виробленої адипінової кислоти в кристалічному виді.

Повітря, очищене від механічних домішок у фільтрі Ф1 і підігріте парою у калорифері КФ1 до температури 145 – 150 ^0C подається в сушарку СШ. Кількість повітря регулюється клапаном, розташованим на всасі повітродувки ПР1. Повітря, що виходить із сушарки СШ із температурою 80 ^0C, проходить очищення від пилу адипінової кислоти в циклоні Ц1 і після додаткового очищення в ротоклоні Р технологічними конденсатом, викидається в атмосферу. Вміст пилу адипінової кислоти в повітрі, що викидає в атмосферу не повинне перевищувати 70 мг/м^3. Конденсат після ротоклону Р зливається в збірник Е1, основна частина якого циркулює через ротоклон Р с допомогою насоса Н. Частина циркулюючого конденсату відводиться на стадію кристалізації для виділення адипінової кислоти.

Адипінова кислота із сушарки СШ через сітку, а грудки через подрібнювач ДР з температурою 40 – 90 ^0C надходить у холодильник АТ1. Через голчастий живильник Ж1 у подрібнювач ДР також надходить пил адипінової кислоти, відділений від повітря у циклоні Ц1.

Охолодження адипінової кислоти в холодильнику АТ1 здійснюється повітрям, що пройшов очищення від механічних домішок на фільтрі Ф2. Повітря подається повітродувкою ПР2 через калорифер КФ2.

Узимку повітря підігрівається порою тиском Р = 0,5 *МПа* (5 *кгс/см*^{2}), що надходить у калорифер, до температури 20 – 40 ^0C. Вийшовши з холодильника, повітря проходить очищення від пилу адипінової кислоти в циклоні Ц2 і надходить у ротоклон Р. Пил адипінової кислоти, відділений у циклоні Ц2 надходить через голчастий живильник Ж2 у прийомний бункер Е2. Сюди ж надходить адипінова кислота після холодильника АТ1.

Агрегат сушіння адипінової кислоти працює під розрідженням 100 – 400 *Па* (10 – 40 *мм вод. ст.*). Розрідження створюється повітродувкою ПР3. Волога, що виноситься з роток лону разом з повітрям відділяється у сепараторі С1.

Повітря використовуваний для транспортування адипінової кислоти, очищається від механічних домішок на фільтрі Ф3, проходить холодильник АТ2, де охолоджується за рахунок подачі у холодильник зворотної води, і відокремлюється від вологи в сепараторі С2.

Для додаткового охолодження і аерації адипінової кислоти в бункер Е2 повітродувкою ПР4 через холодильник АТ2 і сепаратор С2 подається повітря. З бункера Е2 через голчастий живильник Ж3 продукт надходить на стадію затарки адипінової кислоти.

Голчасті живильники приводяться в дію повітрям, що надходить з цехової магістралі і очищується від механічних домішок у фільтрах Ф4, Ф5 та Ф6 відповідно.

4. МАТЕРІАЛЬНІ І ТЕПЛОВІ БАЛАНСИ

4.1 Разрахунок матеріального балансу

Вихідні дані:

Річна продуктивність, *т/рік*	71000
Кількість робочих годин, *год*	8324
Кількість годин на ремонт ,*год*	436
Вологість адипінової кислоти	
Початкова,*%мас.*	5,6
Кінцева,*%мас.*	0,27
Вологовміст повітря	
На вході, *кг/кг*	0,027
На виході, *кг/кг*	0,012

Знаходимо годинну продуктивність:

$G_2 = G_г \cdot 1000/T_ф$, (4.1)

де: $G_г$ – річна продуктивність, *т/рік*;

$T_ф$ – кількість фактично робочих годин у рік, *год*.

Знаходимо кількість фактично робочих годин у році:

$T_ф = T_р – Трем.$, (4.2)

де: $T_р$ – кількість робочих годин, *год*;

$T_ф$ – кількість годин на ремонт, *год*.

$T_ф = 8592 – 436 = 8324$ *год,*

$G_2 = 71000 \cdot 1000/8324 = 8529,55$ *кг/год*.

Знаходимо годинну продуктивність із урахуванням віднесення матеріалу:

$G_2^{`} = G_2 / К$, (4.3)

де: G_2 – годинна продуктивність, *кг/год;*

К - коефіцієнт, що враховує вихід продукту, К = 0,95 - 0,99.

Приймаємо К = 0,95

$G_2^{`}$ = 8529,55/0,95 = 8978,47 *кг/год*.

Знаходимо кількість вільної вологи, що випаровується в процесі сушіння:

$W = G_2^{`} \cdot (w_1 – w_2 / 100 – w_1)$. (4.4)

де: w_1 – початкова вологість адипінової кислоти, *% мас.*

w_2 – кінцева вологість адипінової кислоти, *% мас..*

W = 8978,47•(5,6 - 0,27)/(100 - 5,6) = 506,94 *кг/год*.

Знаходимо продуктивність сушарки за вихідним матеріалом:

$G_1 = G_2^{`} + W$, (4.5)

де: $G_2^{`}$ – годинна продуктивність з урахуванням віднесення матеріалу, *кг/год*;

W - кількість вільної вологи, що випаровується в процесі сушіння, *кг/год*.

G_1 = 8978,47 + 506,94 = 9485,41 *кг/год.*

Знаходимо питому витрату повітря:

$L_1 = 1 / (x_2 – x_1)$, (4.6)

де: x_1 – вологовміст повітря на виході із сушарки, *кг/кг*;

x_2 – вологовміст повітря на вході в сушарку*, кг/кг.*

L_1 = 1 / (0,027 – 0,012) = 66,67 *кг/кг*

Знаходимо загальну витрату повітря:

$L = L_1 \cdot W$, (4.7)

де: $L_1^{`}$ – питома витрата повітря, *кг/год* вологи;

W - кількість вільної вологи, що випаровується в процесі сушіння, *кг/год*.

L = 66,67 • 506,94 = 33797,69 *кг/год*.

Таблиця 4.1 - Таблиця матеріального балансу

Прихід			Витрата		
Речовина	*кг/год*	*кг/с*	Речовина	*кг/год*	*Кг/с*
Кристалічна адипінова кислота	9485,41	1,86	Суха адипінова кислота	8978,47	1,76
Повітря	33797,69	6,61	Випаровувана волога	506,94	0,10
			Повітря	33797,69	6,61
Разом:	43283,1	8,47	Разом:	43283,1	8,47

4.2 Розрахунок основних витратних коефіцієнтів

Вихідні дані:

Маса вихідної сировини, *кг/год* 9485,41

Маса випареної вологи, *кг/год* 506,94

Маса продукту, *кг/год* 8978,47

Маса витраченого повітря, *кг/год* 33797,69

Густіна повітря за н.у., *кг/м3* 1,29

Температура повітря перед сушінням, ^{0}С 145

Знаходимо витратний коефіцієнт за вихідною сировиною:

$$K = m / N, \quad (4.8)$$

де: m – витрата сировини реагенту, *кг/год;*

N - маса цільового продукту, *кг/год.*

К = 9485,41/8978,47=1,06 *кг/кг.*

Знаходимо витратний коефіцієнт за випареною вологою:

$$K_1 = W / N, \quad (4.9)$$

де: W – маса вологи, що випарувалася, *кг/год*;

N - маса цільового продукту, *кг/год.*

K_1 = 357/9485,41=0,04*кг/кг.*

Знаходимо щільність повітря за робочих умов:

$\rho_в = Z^0 \cdot (273 / 273 + t_2)$, (4.10)

де: Z^0 – густина повітря при н.у., *кг/м*^{3}*;*

t_2 – температура повітря перед сушаркою, ^{0}С.

$\rho_в$ =1,29•(273 / (273 + 145)) = 0,843 *кг/м*^{3}.

Знаходимо об'ємну витрату повітря:

$V = L / \rho_в$, (4.11)

де: L – витрата повітря, *кг/год*;

V = 33797,69/0,843 = 40720,11 *м*^{3}*/год*.

Знаходимо витратний коефіцієнт повітря:

К = V / N , (4.12)

де: N – маса цільового продукту, *кг/год*.

К = 40720,11 / 9485,41= 4,30 *м*^{3}*/кг.*

4.3 Розрахунок теплового балансу

Вихідні дані:

Кількість матеріалу, що висушується, *кг/год*	9485,41
Кількість випареної вологи, *кг/год*	506,94
Температура адипінової кислоти	
На вході в сушарку,^0C	30
На виході із сушарки,^0C	70
Температура повітря:	
На вході в сушарку,^0C	145
На виході із сушарки,^0C	80
Теплоємність пари вологи, *кДж/кг*	2644

Знаходимо питому витрату тепла на нагрівання матеріалу, що висушується:

$g_м = G`_2 \cdot c_0 \cdot (t_2 - t_1) / W$, (4.13)

де: $G`_2$ – кількість сухої адипінової кислоти, *кг/ с*;

c_0 – теплоємність сухої адипінової кислоти, *Дж/(моль•град);*

t_2 – температура адипінової кислоти на виході із сушарки, ^0C;

t_1 – температура адипінової кислоти на вході в сушарку, ^0C;

W - кількість випаруваної вологи, *кг/с*.

Знаходимо теплоємність сухої адипінової кислоти:

$$c_0 = (n_1 \cdot c_1 + n_2 \cdot c_2 + n_3 \cdot c_3) / \mu , \quad (4.14)$$

де: n_1, n_2, n_3 – число атомів елемента, що входять у сполуку $C_6H_{10}O_4$;

c_1, c_2, c_3 – атомні теплоємності, *Дж/(моль•град);*

μ - молекулярна маса адипінової кислоти, *кг/кмоль*.

$c_0 = (7,5 \cdot 6 + 9,6 \cdot 10 + 16,8 \cdot 4) / 146 = 1,426$ *кДж/(кг•К),*

$g_м = 1,83 \cdot 1,426 \cdot (70 – 30) / 0,10 = 1043,83$ *кДж/кг вологи*.

Визначаємо величину Δ, з огляду на те, що в сушарці відсутні транспортні пристрої та не відбувається додаткове підведення тепла в сушарку:

$$\Delta = c \cdot t_1 – (g_м – g_п) , \quad (4.15)$$

де: c – теплоємність вологи у вологому матеріалі, *кДж/(кг•К);*

t_1 – температура вологого матеріалу, ^0C;

$g_м$ – питома витрата тепла на нагрівання матеріалу, що висушується, *кДж/кг;*

$g_п$ – втрати в навколишнє середовище, *кДж/кг.*

Визначаємо втрати тепла в навколишнє середовище:

$$g_п = 0,1 \cdot Q_6, \quad (4.16)$$

де: Q_6 – тепло, що уноситься із сушарки, *кДж/кг.*

Знайдемо тепло, що уноситься із сушарки:

$$Q_6 = W I_п , \quad (4.17)$$

де: W – кількість випаруваної вологи, *кг/с;*

$I_п$ – теплоємність пари, *кДж/кг.*

Q_6 = 0,09•2644 = 237,96 *кДж/с.*

Звідси $g_п$ = 0,1• 237,96 = 23,80 *кДж/кг,*

Δ = 4,19•30 – 1043,83 + 264,40 = -121,28 *кДж/кг вологи*

Подальші розрахунки проводяться роздільно для літніх і зимових умов.

Літні умови

Середні параметри зовнішнього повітря для Луганська (у літню пору року) $t_0 = 22^0C$, ψ_0 = 59% [9].

На I – x діаграмі [9] знаходимо точку А, що характеризує стан зовнішнього повітря, і визначаємо його параметри: x_0 = 0,012 *кг/кг* сухого повітря, I_0 = 51000 *Дж/кг* сухого повітря.

Проводимо із точки А вертикаль x_0 = const до перетинання з ізотермою $t=145^0C$ у точці В, що визначає стан повітря на вході в сушарку.

Для побудови робочої лінії сушіння на діаграмі I – x необхідно знати координати (I і x) мінімум двох точок. Координати однієї точки відомі: x_1= 0,012, I_1 = 180. Задаємося довільним значенням x і визначимо відповідне значення I. Нехай x = 0,03 кг вологи/кг сухого повітря. Тоді:

$$I = I_1 + \Delta\bullet(x - x_1) , \qquad (4.18)$$

I = 180 - 121,28•(0,03 - 0,012) = 177,82 *кДж/кг вологи.*

Через дві точки на діаграмі I – x з координатами x_1, I_1 і x, I проводимо лінію сушіння до перетинання із заданим кінцевим параметром $t_2 = 80^0C$. У точці перетинання лінії сушіння з ізотермою t_2 знаходимо параметри відпрацьованого сушильного агента: x_2 = 0,0355, I_1 = 177,47 *кДж/кг вологи*.

Визначимо питому витрату повітря за формулою (5.6):

L_1 = 1 / (0,0355 – 0,012) = 42,55 *кг/кг.*

Визначимо загальну витрату повітря за формулою (5.7):

$L = 42,55 \cdot 506,94 = 21570,30$ *кг/год*.

Визначимо питому витрату тепла на нагрівання повітря в калорифері:

$g = L_1 \cdot (I_1 - I_0)$. (4.19)

де: I_0 – тепломісткість повітря на вході в калорифер, *Дж/кг*;

I_1 – тепломісткість повітря на виході з калорифера, *Дж/кг.*

$g = 42,55 \cdot (180000 - 51000) = 5488950$ *Дж/кг.*

Витрата тепла на сушіння становить:

$Q = g \cdot W$, (4.20)

де: g – питома витрата тепла, *Дж/кг;*

W - кількість випаровуваної вологи, *кг/год.*

$Q = 5488950 \cdot 506,94 = 2782568313$ *кДж/год.*

<u>Зимові умови</u>

Знаходимо параметри зовнішнього повітря для зимових умов для Луганська: $t_0 = -7^0C$, $\psi_0 = 84\%$[9]. На діаграмі стан зовнішнього повітря характеризує точка A_1: $x'_0 = 0,0013$ *кг/кг* сухого повітря, $I`_0 = 10000$ *Дж/кг* сухого повітря.

Зробивши аналогічну попередній побудову процесу На I – x діаграмі одержуємо: $x'_2 = 0,023$ *кг/кг* сухого повітря, $I`_2 = 171000$ *Дж/кг* сухого повітря.

Визначимо питому витрату повітря на сушіння за формулою (4.6):

$L_1 = 1 / (0,023 - 0,0013) = 46,08$ *кг/кг.*

Визначимо загальну витрату повітря на сушіння за формулою (4.7):

$L = 46,08 \cdot 506,94 = 23359,8$ *кг/год*.

Визначимо питому витрату тепла за формулою (4.19):

$g = 46,08 \cdot (171000 - 10000) = 6451200$ *Дж/кг.*

Визначимо загальну витрату тепла на сушіння адипінової кислоти за формулою (4.20):

Q = 6451200•357 = 2303078400 *кДж/год*.

5. ВИБІР І РОЗРАХУНОК ОСНОВНОГО АПАРАТУ

Вихідні дані:

Температура адипінової кислоти

На вході в сушарку, ^0C	30
На виході із сушарки, ^0C	70
Температура повітря	
На вході в сушарку, ^0C	145
На виході із сушарки, ^0C	80
Вологовміст повітря	
На вході в сушарку, *кг/кг*	0,012
На виході із сушарки, *кг/кг*	0,027
Витрата повітря на сушіння, *кг/с*	6,08
Еквівалентний діаметр часток, *м*	$0{,}9 \cdot 10^{-3}$
Щільність часток адипінової кислоти, *кг/м*^{3}	1330

Визначаємо середню температуру повітря в сушарці [16]:

$$t_{ср} = (t_1 + t_2) / 2, \quad (5.1)$$

де: t_1 – температура повітря на вході в сушарку, ^0C;

t_2 – температура повітря на виході із сушарки, ^0C.

$t_{ср} = (145 + 80) / 2 = 112{,}5^0C$.

Визначаємо вологовміст повітря в сушарці [16]:

$$x_{ср} = (x_0 + x_2) / 2, \quad (5.2)$$

де: x_0 – вологовміст повітря на вході в сушарку, *кг/кг*;

x_2 – вологовміст повітря на виході із сушарки, *кг/кг*.

$x_{ср} = (0{,}012 + 0{,}027) / 2 = 0{,}0195$ *кг/кг.*

Визначаємо середню щільність сухого повітря й водяних пар [16]:

$$\rho_{с.\,в.} = (M_{с.\,в.} / V_0) \cdot (T_0 / T_0 + t_{ср}), \quad (5.3)$$

$$\rho_{в.\,п.} = (M_{в.\,п.} / V_0) \cdot (T_0 / T_0 + t_{ср}), \quad (5.4)$$

де: $t_{ср}$ – середня температура повітря в сушарці, ^0C;

$M_{с.п.}$ – молекулярна маса сухого повітря, *кг/моль*;

$M_{в.п.}$ – молекулярна маса водяної пари, *кг/моль;*

T_0 – абсолютна температура повітря, *К*.

$\rho_{с.\,в.}$ = (29/22,4) •(273/273 + 112,5) = 0,917 *кг/м*^{3};

$\rho_{в.\,п.}$ = (18/22,4) •(273/273 + 112,5) = 0,569 *кг/м*^{3}.

Визначаємо об'ємну продуктивність по повітрю [16]:

$$V = (L/\rho_{с.\,в.}) + (x_{ср} \bullet L/\rho_{в.\,п.}), \qquad (5.5)$$

де: L – витрата повітря на сушіння, *кг/год;*

$x_{ср}$ – середній вологовміст повітря, *кг/кг.*

V = (6,61/0,917) + (0,0195•6,61/0,569) = 7,42 *м*^{3}/*с*.

Визначаємо швидкість початку псевдорозрідження [9]:

$$\omega_{пс} = (Re \bullet \mu_{ср}) / (\rho_{ср} \bullet de), \qquad (5.6)$$

де: Re – критерій Рейнольдса;

$\mu_{ср}$ – в'язкість повітря при середній температурі;

$\rho_{ср}$ – щільність повітря при середній температурі, *кг/м*^{3};

de - еквівалентний діаметр полідисперсних часток адипінової кислоти, *м.*

Визначимо критерій Рейнольдса [9]:

$$Re = \frac{Ar}{(1400 + 5{,}22 \cdot \sqrt{Ar})}, \qquad (5.7)$$

де Ar – критерій Архімеда.

$$Ar = (de^3 \bullet \rho_{сер} \bullet g \bullet \rho_ч) / \mu^2_{ср}, \qquad (5.8)$$

де: g – прискорення вільного падіння;

$\rho_ч$ – щільність часток адипінової кислоти.

$Ar = ((0{,}9 \bullet 10^{-3})^3 \bullet 0{,}96 \bullet 9{,}8 \bullet 1330) / (2{,}2 \bullet 10^{-5})^2 = 18846{,}5$

$$Re = \frac{18846{,}5}{(1400 + 5{,}22 \cdot \sqrt{18846{,}5})} = 9$$

Тоді фіктивна швидкість псевдорозрідження:

$\omega_{пс} = 9 \bullet 2{,}2 \bullet 10^{-5} / (0{,}96 \bullet 0{,}9 \bullet 10^{-3}) = 0{,}23$ *м/с.*

Визначаємо оптимальну швидкість газу в апараті [9]:

$\omega_{опт} = 2 \cdot \omega_{пс} / 3$, (5.9)

$\omega_{опт} = 2 \cdot 0{,}23/3 = 0{,}153$ *м/с.*

Визначаємо площу газорозподільної решітки [9]:

$F_р = L / (\omega_{опт} \cdot \rho_{сер})$, (5.10)

де: L – витрата повітря на сушіння, *кг/с;*

$\omega_{опт}$ - оптимальна швидкість газу в апарату, *м/с;*

$\rho_{сер}$ – щільність повітря при середній температурі, *кг/м*^{3}.

$F_р = 6{,}61 / (0{,}153 \cdot 0{,}96) = 45$ *м*^{2}.

Визначаємо діаметр газорозподільної решітки [16]:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot F_p}{\pi}}, \quad (5.11)$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 45}{3{,}14}} = 7{,}57\,м$$

Виходячи з конструктивних розрахунків, для сушіння адипінової кислоти приймаємо сушарку ESCHEP WYSS виробництво ФРН, поверхня теплообміну якої дорівнює 8,5*м*^{2} [17].

6. ВИБІР ДОПОМІЖНОГО ОБЛАДНАННЯ

Розрахунок калориферу [9]

Парові калорифери застосовують для підігріву повітря до 150^0C.

Основною величиною, за якою обирається калорифічна установка, є необхідна площа поверхні нагрівання. Вона розраховується за формулою [9]:

$$F = Q / (K \cdot \Delta t_{сер}) , \quad (6.1)$$

де: Q – теплове навантаження теплообмінного апарата, Дж/с;

К – коефіцієнт теплопередачі, *Вт/(м²•К);*

$\Delta t_{сер}$ – середній температурний напір, ^0C.

Приймаємо К = 60 *Вт/(м²•К)* [9].

Визначаємо витрату теплоти в калорифері за формулою [9]:

$$Q = L \cdot C_{пов.} \cdot (t_1 - t_0) , \quad (6.2)$$

де: t_1 – кінцева температура повітря, ^0C;

t_0 – початкова температура повітря, ^0C;

Q = 6,61 •1426•(145–(–7)) = 1432448 *Дж/с*.

Визначимо середню температуру повітря:

$$\Delta t_{сер} = (\Delta t_б - \Delta t_м) / (\ln(\Delta t_б / \Delta t_м)) , \quad (6.3)$$

$-7 \rightarrow 145$

$200 \leftarrow 200$

$\Delta t_б = 200 - (-7) = 207^0C$, $\Delta t_м = 200 - 145 = 55^0C$.

$\Delta t_{сер} = (207 - 55) / (\ln(207/55)) = 114{,}7^0C$.

Визначаємо площу поверхні нагрівання:

$F = 1432448 / 60 \cdot 114{,}7 = 208{,}14 м^2$.

За нормалями обираємо калорифічний теплообмінний апарат з загальною площею поверхні теплообміну 210 $м^2$ [17].

Розрахунок циклону Ц1

Циклон Ц1 служить для відділення пилу адипінової кислоти від повітря після сушіння.

Користуючись таблицями [16], обираємо тип циклону. Для розрахунків прийнятий циклон ЦН 24. Визначаємо оптимальну швидкість повітря в апараті $\varpi_{опт}$=4,5 *м/с*.

Визначаємо необхідну площу перетину циклону за формулою:

$$F = V_p / \varpi_{opt} \quad (6.4)$$

$$F = 31/4{,}5 = 6{,}67 м^2$$

Визначаємо діаметр циклону, прийнявши, що число циклонів N=1:

$$D = \sqrt{F/(0.785N)} \quad (6.5)$$

$$D = \sqrt{6{,}67/(0.785 \cdot 1)} = 2.91 м$$

Згідно із ГОСТ 9617–67 приймаємо діаметр циклону 3000 *мм*.

Визначаємо дійсну швидкість газу в циклоні за формулою:

$$\varpi = V_p / (0.785ND^2) \quad (6.6)$$

$$\varpi = 31/(0.785 \cdot 1 \cdot 3^2) = 4{,}38 м/с$$

Швидкість газу в циклоні відхиляється від значення оптимальної швидкості на 10%, що є прийнятним для подальших розрахунків.

За табличними даними [9], коефіцієнт гідравлічного опору, що відповідає обраному типу циклону. Для циклону марки ЦН–24 вводяться поправки за формулою:

$$\xi = K_1 K_2 \xi^n_{ц500} + K_3 \quad (6.7)$$

Користуючись даними таблиць [16], маємо:

$$\xi = 0{,}93 \cdot 1 \cdot 80 + 0 = 74{,}4$$

Визначають втрати тиску в циклоні:

$$\Delta p = \xi \rho \varpi^2 / 2 \quad (6.8)$$

$$\Delta p = 74{,}4 \cdot 1{,}29 \cdot 4{,}95^2 / 2 = 117{,}5 мм.в.ст.$$

Прийнявши за таблицею [16] два параметри $\left(d_{50}^{\tau} ma \lg \sigma_{\eta}^{\tau}\right)$, знаходять значення параметру d_{50} за робочих умов за рівнянням:

$$d_{50} = d_{50}^{\tau} \sqrt{\left(D / D_{\tau}\right) \rho_{ч.т.} / \rho \left(\mu / \mu_{\tau}\right)} \varpi / \varpi_{\tau} \qquad (6.9)$$

За даними [16], приймаємо:

$D_{\tau} = 0{,}6 м$;

$\rho_{ч.т.} = 1930 кг/м^3$;

$\mu = 15 \cdot 10^{-5}$ Па•с [16];

$\mu_{\tau} = 22{,}2 \cdot 10^{-6}$ $Па•с$;

$\varpi_{\tau} = 3{,}5$ м/с.

$$d_{50} = 8{,}5 * 10^{-6} \sqrt{(3/0{,}6) 1930 / 1330 \left(15 \cdot 10^{-5} / 22{,}2 \cdot 10^{-6}\right)} 3{,}5 / 4{,}95 = 53 \cdot 10^{-6} м$$

Знаходимо параметр *x* за формулою:

$$x = \lg d_m / d_{50} / \sqrt{\lg^2 \sigma_{\eta} + \lg^2 \sigma_{ч}} \qquad (6.10)$$

Для цього обираємо, користуючись [16], наступні параметри:

$d_m = 15$;

$\lg \sigma_{ч} = 0{,}334$;

$\lg \sigma_{\eta} = 0{,}308$ [16] ;

$$x = \lg 15 / 53 \cdot 10^{-6} / \sqrt{0{,}308^2 + 0{,}334^2} = 48 \cdot 10^3$$

Оскільки *x>>2,* то ступінь ефективності очищення повітря після циклону ≈ 1, тобто даний циклон марки ЦН 24 може бути рекомендований до впровадження в дану технологічну схему.

7. КОНТРОЛЬ РОБОТИ, НОРМИ І ПРАВИЛА ОБСЛУГОВУВАННЯ ОСНОВНОГО АПАРАТУ

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 адипінової кислоти крім того є неперервним і багатотоннажним; характеризується наявністю пожежо–вибухо–небезпечних 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 перетворення сигналів;

– ЦИП – 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 (З), яка, як правило, виконується на мнемосхемі виробництва.

Через те, що виробництво адипінової кислоти 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.

При впровадженні АСКТП для керування виробництвом скорочується собівартість продукції за рахунок зниження затратних норм сировини, матеріалів, енергоресурсів на випуск одиниці продукції, збільшується продуктивність апаратів, підвищується якість продукції, полегшується робота оперативного персоналу за веденням технологічного процесу (скорочується кількість зайнятих у виробництві людей) [11].

8. РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ І ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

8.1 Основні фізико-хімічні властивості, токсичність, пожежо- и вибухонебезпека речовин, які застосовуються або отримуються у виробнитстві

Таблиця 8.1 – Основні фізико-хімічні властивості речовин

№ п/п	Назва з'єднання		Емпірична формула	Структурна формула	Агрегатний стан при н.у.	Температура плавління, ^0C	Температура кипіння, ^0C
	Раціональна номенклатура	Систематична номенклатура					
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Азот	Азот	N_2	N-N	Газ	мінус 210	мінус 195,8
2	Аміак	Гідрид азоту	NH_3	H-N-H | H	Газ	мінус 77,75	мінус 33,42
3	Циклогексанол	1 – гідроксициклогексан	$C_6H_{11}OH$	$H_2C – CH_2$ H_2C CH - OH $H_2C – CH_2$	Рідина	23,9	161,1
4.	Циклогексанон	1 - оксіциклогексан	$C_6H_{11}O$	$H_2C – CH_2$ H_2C C = O $H_2C – CH_2$	Рідина	45	155,7
5.	Нітратна кислота	Нітратна кислота	HNO_3	O=N-O-H || O	Рідина	мінус 42	86
6.	Диоксид азота	Диоксид азота	NO_2	O=N=O	Газ	-	21,3
7.	Оксид азоту	Оксид азоту	NO	N=O	Газ	-	64,509
8.	Адипінова кислота	Адипінова кислота	HOOC-$(CH_2)_4$-COOH	O=C$(CH_2)_4$C=O | | HO OH	Твердий	152	330,5
9.	Їдкий натрій	Гідроокис натрію	NaOH	Na-O-H	Твердий	230	1378

Таблиця 8.2 – Показники взриво- і пожежонебезпеки

№ п/п	З'єднання	Температура спалаху, ^0C	Температура самозаймання, ^0C	Межі розповсюдження полум'я концентраційні *% об.*	
				нижній	верхній
1	2	3	4	5	6
1.	Аміак	-	650	16	26,8
2.	Циклогексанол	61	440	1,52	11,1
3.	Циклогексанон	40	420	1,3	9,4
4.	Оксид азоту	8	464	6,98	35,5
5.	Адипінова кислота	196	410	35	-

Таблиця 10.3 – Характеристика токсичності [11]

№ п/п	З'єднання	Клас шкідливості	Характер дії на людину	Гранично допустима концентрація			Засоби індивідуального захисту
				в повітрі, *мг/м³*		у воді, *мг/л*	
				робочої зони, *мг/м³*	середньо-добова в населенню	ГДК	
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Азот	-	При атмосферному тиску має задушливою дією	-	-	-	Шлангові протигази ПШ-1, ПШ-2
2	Аміак	4	Газ викликає гостре роздратування слизових оболонок, сльозотечу, задуху. Рідкий аміак або струмінь газу, потрапляючи на шкіру, викликає сильні опіки.	20	0,04	0,2	Фільтруючий протигаз марки «КД», при великих концентраціях ізолюючий протигаз типу ІП, захисний костюм, фартух, гумові чоботи і рукавички
3	Циклогексанол	4	Циклогексанол токсичний, діє на організм як наркотик, легко проникає через	15	0,06	-	Фільтруючий протигаз марки М; захисні окуляри

№ п/п	З'єднання	Клас шкідливості	Характер дії на людину	Гранично допустима концентрація			Засоби індивідуального захисту
				в повітрі, *мг/м³*		у воді, *мг/л*	
				робочої зони, *мг/м³*	середньо-добова в населенню	ГДК	
1	2	3	4	5	6	7	8
			шкіру, при попаданні на рогівку очей викликає її омертвіння.				марки Г; спецодяг. При загорянні циклогексанол гасити тонкораспиленной водою, вогнегасниками ОПШ-10,ОУ-5
4.	Циклогексанон	3	Діє на організм як наркотик, викликає роздратування слизових оболонок очей, носа, горла, сильні головні болі і запаморочення.	10	0,04	-	Фільтруючий протигаз марки М; захисні окуляри марки Г; спецодяг
5	Їдкий натр	2	Діє на шкіру, викликаючи хімічні опіки. Після опіку залишаються рубці. Небезпечно попадання в очі навіть в малих кількостях: вражається не тільки рогівка, але і, унаслідок швидкого проникнення углиб, страждають глибокі частини ока. Результатом може бути сліпота.	0,5	-	-	Бавовняний спецодяг; спецвзуття; рукавички; захисні окуляри марки Г

Продовження табл..8.3

1	2	3	4	5	6	7	8
5	Нітратна кислота	2	При безпосередньому контакті з шкірою викликає кислотний опік. Пари нітратної кислоти дратують слизисті оболонки дихальних шляхів, приводять до руйнування зубів і поразки рогівок очей.	1	0,15	0,4	Фільтруючий протигаз марки М; захисні окуляри марки Г; суконний одяг; гумові рукавички і чоботи.
6	Оксиди азоту	3	Оксиди азоту дратівливо діють на слизисту оболонку верхніх дихальних шляхів і очей, у великих концентраціях викликають набряк легенів, крім того, можуть викликати загальне отруєння (пониження кров'яного тиску, розширення судин).	2	0,04	0,085	фільтруючий протигаз марки М; захисні окуляри марки Г; спецодяг.
7	Адипінова кислота	3	Малотоксична. Викликає роздратування верхніх дихальних	4	0,06	-	Протигази з фільтруючою коробкою марки «А» або «М»,

			шляхів. Пил, що осів, вибухонебезпечний. У вигляді пилу адипінова кислота дратує дихальні шляхи і очі.				герметичні захисні окуляри, захист шкіри. При високих концентраціях газу або пари - ізолюючі або шлангові протигази.

8.2 Небезпечні і шкідливі виробничі чинники

Основними шкідливими промисловими чинниками на робочих місцях є:

- підвищена загазованість і запилення повітря робочої зони шкідливими хімічними речовинами, що може привести до отруєння унаслідок попадання їх в організм через дихання, травлення і шкіру;

- підвищений рівень шуму на робочому місці. Наявність в цеху агресивних рідин (кислот, лугів, рідкого аміаку), що при порушенні поводження з даними речовинами може привести до хімічного опіку тіла і очей;

- підвищена температура (вище 60 ^{0}C) поверхонь устаткування, речовин, матеріалів, використання пари, конденсату, гарячої води може привести до термічного опіку тіла;

- невірне обслуговування електроустаткування, зіткнення з неізольованими частинами кабелів, електропроводом може привести до поразки електричним струмом;

- рухомі машини і механізми, рухомі елементи виробничого устаткування, які можуть привести до травмування;

- падіння з висоти при обслуговуванні і ремонті устаткування [11];

8.3 Класифікація и категорійність виробнитства і його приміщень

Таблиця 8.4 – Характеристика виробництва по взривопожежонебезпеці, електроустаткуванню і санітарній характеристиці [11]

Найменування цеху відділення установки	Категорія приміщення по вибухо-пожежо-небезпеки відповідно до ОНТП 24-86	Категорія технологічних блоків по рівню вибухонебез-пеки (відповідно до ОПВ-88)	Класифікація приміщень і зовнішніх установок по електроустаткуванню (ДНАОП 0.00-1.32-01)		Група виробничого процесу по санітарній характеристиці відповідно Сніп 2. 09.04
			Клас приміщен-ня	Категорія і група вибухонебезпечних сумішей	
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**
1. Склад проміжних продуктів.	А	III	2	IIA-T2 (за циклогексанолом)	Iб
2. Насосна складу	Б	III	2	IIA-T2	1б

Продовження таблиці 8.4

1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**
проміжних продуктів.				(за циклогексанолом)	
3. Насосна нітратної кислоти.	Д	III	-	-	
4. Насосна стадії окислення циклогексанола (анолона).	Б	III	2	IIA-T2 (за циклогексанолом)	3 б
5. Зовнішня установка стадії окислення циклогексанола (анолона).	Б	III	2	IIA-T2(за циклогексанолом)	3 б
6. Вузол розміщення аміачних випарників.	Б	III	2	IIA-T1(за аміаком)	3б
7. Зарядний пункт.	А	III	2	IIA-T1(за воднем)	3б

9. ОХОРОНА ПРАЦІ

Основними шкідливими промисловими чинниками на робочих місцях є:

– підвищена загазованість і запилення повітря робочої зони шкідливими хімічними речовинами, що може привести до отруєння унаслідок попадання їх в організм через дихання, травлення і шкіру;

– підвищений рівень шуму на робочому місці. Наявність в цеху агресивних рідин (кислот, лугів, рідкого аміаку), що при порушенні поводження з даними речовинами може привести до хімічного опіку тіла і очей;

– підвищена температура (вище 60 ^{0}С) поверхонь устаткування, речовин, матеріалів, використання пари, конденсату, гарячої води може привести до термічного опіку тіла;

– безперервне обслуговування електроустаткування, зіткнення з неізольованими частинами кабелів, електропроводом може привести до поразки електричним струмом;

– рухомі машини і механізми, рухомі елементи виробничого устаткування, які можуть привести до травмування;

– падіння з висоти при обслуговуванні і ремонті устаткування [11];

9.1 Класифікація і категорійність виробництва і його приміщень

Таблиця 9.1 – Характеристика виробництва по взривопожежонебезпеці, електроустаткуванню і санітарній характеристиці [11]

Найменування цеху відділення установки	Категорія приміщення по взривопожароопасності відповідно до ОНТП 24–86	Категорія технологічних блоків по рівню вибухонебезпеки (відповідно до ОПВ–88)	Класифікація приміщень і зовнішніх установок по електроустаткуванню (ДНАОП 0.00–1.32–01)		Група виробничого процесу по санітарній характеристиці відповідно Сніп 2. 09.04
			Клас приміщення	Категорія і група вибухонебезпечних сумішей	
1	2	3	4	5	6
1. Склад проміжних продуктів.	А	III	2	IIA–T2 (за циклогексанолом)	Iб
2. Насосна складу проміжних продуктів.	Б	III	2	IIA–T2 (за циклогексанолом)	1б
3. Насосна азотної кислоти.	Д	III	–	–	
4. Насосна стадії окислення циклогексанола (анолона).	Б	III	2	IIA–T2 (за циклогексанолом)	3 б
5. Зовнішня установка стадії окислення циклогексанола (анолона).	Б	III	2	IIA–T2(за циклогексанолом)	3 б
6. Вузол розміщення аміачних випарників.	Б	III	2	IIA–T1(за аміаком)	3б
7. Зарядний пункт.	А	III	2	IIA–T1(за воднем)	3б

Клас з санітарної характеристиці–2. Ширина санітарної зони–500м.

9.2 Засоби попередження шкідливих і небезпечних виробничих чинників

Вентиляція і опалювання

Розрахунок вентиляції і опалювання проведемо для центрального пункту управління (ЦПУ з габаритами 10х7х3). Це приміщення є приміщенням без наявності шкідливих виділень. Отже, у ньому необхідно

організувати природну і механічну вентиляцію приточування з кратністю повітрообміну 7 о/год, щоб виключити можливість проникнення шкідливостей з сусідніх приміщень. Згідно норм для даного виробничого приміщення, де на одного працівника доводиться більше 20 м^3, подача зовнішнього повітря на кожного працівника повинна складати не менш 20 м^3/год.

Кількість повітря, яку необхідно подати в ЦПУ розраховується по формулі:

$$W = K \cdot V \text{ , м}^3\text{/ч} \qquad (9.1)$$

де K – кратність повітрообміну, 1/ч; К=1/7=0,14

V – об'єм робочого приміщення, м^3. V=10·7·3=210 м^3

$$W = 7 \cdot 210 = 1470 \text{ м}^3\text{/год}$$

Вибираємо по каталогу вентилятор типу В–Ц4–70 (1 виконання) потужністю 2800 м^3/год.

У даному виробничому приміщенні ЦПУ даного виробництва передбачається система повітряного опалювання. Воно засноване на тому, що проводиться підігрів повітря, що подається в цех, за допомогою калориферів.

Кількість теплоти необхідне для підігріву повітря приточування в зимовий період можна обчислити за формулою (5.2):

$$Q_B = W \cdot C_B \cdot (t_n - t_{внеш}) \cdot 1000 / 3600, \text{ Вт} \qquad (9.2)$$

де W – об'єм повітря, яке подається, м^3/год;

C_B – об'ємна теплоємність повітря; дорівнює 1,257 кДж/м^3·град;

t_n – температура повітря, яке подається в приміщення; для підігрітого повітря приймається рівною 25 ^{0}С;

$t_{внеш}$ – температура зовнішнього повітря; приймається в осінньо–зимовий період середнє значення, яке дорівнює мінус 7 ^{0}С.

$$Q_B = 2800 \cdot 1,257 \cdot (25 - (-7)) \cdot 1000 / 3600 = 31285,33 \text{ Вт}$$

Площа поверхні нагріву калориферів визначається по формулі (9.3):

$$H = Q / 506 \text{ , екм} \qquad (9.3)$$

де екм – еквівалентний квадратний метр – площа поверхні нагріву опалювального пристрою, який віддає 506 Вт теплоти при різниці середньої температури теплоносія і температури повітря в приміщенні 64,5 ^{0}С; 1 екм = 0,82 м^2 [20].

$$H = 31285,33/506 = 61,83 \text{ екм или } 61,83 \cdot 0,82 = 50,7 \text{ м}^2.$$

У даному виробництві теплоносієм для опалювання є власна пара і тому як повітронагрівачі застосовуються біметалічні одноходові калорифери КП38 – СК – 01 з площею поверхні нагріву 83,82 м^2.

Аварійна вентиляція

У цеху виробництва адипінової кислоти, як і в більшості інших виробництв є можливість виникнення аварійної ситуації, в результаті якій найчастіше відбувається викид шкідливих і небезпечних речовин. Тому слід передбачати організацію аварійної витяжної вентиляції, яка спрацьовує при підвищенні концентрації шкідливих речовин (оксиди азоту, аміак). При цьому кратність повітрообміну повинна бути рівною 10 1/год. [20]

Засоби боротьби з пилом

На стадії сушки адипінової кислоти встановлені газопиловловлюючі установки (ГПУУ) – ротоклон, рукавні фільтри, що очищають повітря, що відходить від технологічних апаратів, від пилу адипінової кислоти. Повністю позбавитися пилу неможливо, тому на даному виробництві всі співробітники застосовують засоби індивідуального захисту. Протигази з фільтруючою коробкою марки «А» або «М», герметичні захисні окуляри, захист шкіри. При високих концентраціях газу або пари – ізолюючі або шлангові протигази.

Засоби боротьби з шумом і вібрацією

Виробничий шум – це шум на робочих місцях, на ділянках або на територіях підприємств, який виникає під час виробничого процесу. Під його дією знижується продуктивність, вражаються нервова і серцево–судинна системи і органи травлення, а також на психіку.

Вібрація серед всіх видів механічних впливів для технічних об'єктів і людського організму найбільш небезпечна. Знакозмінна напруга, викликана вібрацією, сприяє накопиченню пошкоджень в матеріалах і органах людини, появі тріщин і руйнуванню, особливо швидко це відбувається при резонансі.

Найбільш ефективним способом боротьби з шумом і вібрацією є боротьба з ними в місці їх виникнення: створення малогаласливих механізмів, передач, урівноваження мас, застосування матеріалів з великим внутрішнім тертям, зменшенням технологічних допусків при виготовленні устаткування. Так у виробництві адипінової ктслоти будуть застосовані малогаласливі насоси і центрифуги з прямим приводом, що зменшує вібрацію.

Часто також застосовують звуко– і вібропоглинання (використання спеціальних матеріалів, динамічних пружинних і гідравлічних віброгасників) і звуко– і віброізоляцію (чергування безшумних приміщень з галасливими, установка джерел вібрації на віброізолятори, в комунікаціях трубопроводів розташовуються гнучкі вставки або пружинні прокладки). Але частіше і зручніше використовувати засоби індивідуального захисту. Від шуму застосовуються протигаласливі (шумозахисні) навушники і шоломи, закриваючі повністю вушні раковини; заглушки (антифони або беруши), які

вставляються в слуховий прохід. Від вібрації передбачається віброізолюючий спецодяг (взуття, рукавички). [21]

Засоби захисту від статичної електрики

Захист від статичної електрики:

- Заземляючі пристрої для захисту від статичної електрики слід, як правило, об'єднувати із заземлюючими пристроями для електроустаткування. Такі пристрої повинні бути виконані відповідно до вимог ПУЕ.
- Рідини повинні подаватися в апарати, резервуари, цистерни, тару, так, щоб не допускати їх розбризкування, розпилювання або бурхливого перемішування.
- Рідини повинні поступати в резервуари, як правило, нижче за рівень залишку рідини, що знаходиться в них.
- Технологічний персонал несе відповідальність за збереження пристроїв захисту від статичної електрики на своєму робочому місці. [21]
- Робочі забезпечуються спецодягом, спецвзуттям та іншими засобами індивідуального захисту відповідно «Типовими галузевими нормами безкоштовної видачі спецодягу, спецвзуття та інших засобів індивідуального захисту робітникам і службовцям хімічних виробництв»

Приступити до роботи вирішуються в спецодягу і спецвзутті згідно затвердженим нормам по професіях. В період виробництва робіт застосовувати захисну каску «Праця».Рукавиці комбіновані застосовувати при перемиканні замочної арматури і пропарюванні трубопроводів, чищенні устаткування.Для захисту очей застосовуються наступні типи окулярів:– для захисту від твердих часток – відкриті захисні окуляри з прямою вентиляцією «ЗП».

Вони ж зі світлофільтрами застосовуються для захисту від сліпучої яскравості видимого випромінювання, інфрачервоного випромінювання

– для захисту спереду, збоку, зверху і знизу від роз'єднуючих газів, рідин застосовуються захисні герметичні окуляри типа «Г».

- Засоби захисту органів дихання

У аварійних ситуаціях або розладнанні технологічного режиму при масовій концентрації в повітрі робочої зони аміаку вище 20 мг/м3, оксидів азоту вище 5 мг/м3, пари азотної кислоти вище 2 мг/м3, але не вище 0,5% об'ємних доль застосовується протигаз марки «М».При недоліку кисню в повітрі робочої зони менше 20% об'ємних доль, виконанні робіт усередині апаратів або виконанні робіт на трубопроводах азоту з можливим зниженням об'ємної долі кисню в повітрі робочої зони нижче 20% користуються ізолюючими протигазами КІП–7 або шланговими ПШ–1, ПШ–2. При запиленій приміщень пилом адіпінової кислоти понад 10 мг/м3 необхідно користуватися протипиловими респіраторами. Для захисту органів слуху від шуму необхідно користуватися засобами защити:– протигаласливими вкладишами «Беруши»– протигаласливими навушниками ВЦНІЇОТ–2МК індивідуальним засобам захисту відносяться діелектричні рукавички, галоші, захисні штанги і кліщі.

Пожежобезпека

Як засоби пожежогасіння розглянемо такі речовини і матеріали, як вода, водяна пара, вуглекислота, інертні гази, легко–технічна піна, порошкові склади, азбестове полотно і висушений і просіяний пісок.

Вода використовується у вигляді компактних і распиленних струменів. Вогнегасячий ефект води полягає в змочуванні поверхні, зволоженні і охолоджуванні матеріалів, що горять, і речовин, унаслідок чого при гасінні знижується або повністю усувається їх займистість. Застосовується вода для гасіння більшості твердих горючих речовин і матеріалів, важких нафтопродуктів, для створення водяних завіс і охолоджування об'єктів, що

знаходяться поблизу вогнищ пожежі. Може також застосовуватися в тонко распиленном вигляді для гасіння добре розчинних в ній рідин. Застосування води неприпустимо для гасіння електромереж і устаткування, що знаходяться під напругою.

Водяну пару застосовують для гасіння пожеж в приміщеннях об'ємом до 500 м^3 і невеликих пожеж на відкритих майданчиках і установках. Принцип гасіння полягає в зволоженні горючих предметів і зниженні концентрації кисню.

Вуглекислота застосовується в різних вогнегасниках (ОУ – 2, ОУ – 5) і стаціонарних установках в зрідженому стані для гасіння пожеж в закритих приміщеннях і невеликих відкритих загорянь. Концентрація вуглекислоти в повітрі, при якій спостерігається її огнегасительная здатність складає 30 % об. застосовується для гасіння найрізноманітніших речовин, окрім лужних матеріалів і тих речовин, які горять без доступу повітря. Також застосовується для гасіння електроустановок, що знаходяться під напругою до 1000 В.

Вогнегасяча здатність інертних газів (азот, аргон, гелій, димові і інші гази) полягає в пониженні концентрації кисню у вогнищі горіння і гальмуванні інтенсивності горіння. Інертні гази застосовуються також для попередження виникнення пожежі або вибуху шляхом заповнення вільного простору резервуарів, трубопроводів і подібного устаткування, а також при проведенні вогняних робіт на цьому ж устаткуванні.

Легкотехнічна піна, що одержується з водних розчинів піноутворювачів з повітрям, застосовується для гасіння горючих і легкозаймистих рідин (окрім гідрофільних – ацетон, спирт і ін.), твердих горючих речовин і матеріалів. Ця піна також застосовується для захисту конструкцій, апаратів і іншого устаткування від теплового випромінювання при пожежі і для запобігання займанню. Не застосовується піна для гасіння

електромережі і устаткування, що знаходиться під тиском, а також для лужних металів.

Ефективним вогнегасячим засобом при гасінні твердих речовин різних класів, горючих рідин, газів, металів, електроустановок під напругою до 1000 В є порошкові склади. Азбестове полотно і висушений і просіяний пісок призначені для гасіння вогнищ пожежі, що починаються, при займанні речовин, горіння яких не може відбуватися без доступу повітря, шляхом їх ізоляції від нього. [20]

Засоби електробезпеки

Експлуатація електроустаткування має проводитися відповідно до «Правил технічної експлуатації і безпеки обслуговування електроустановок промислових підприємств» і «Правил будови електроустановок». Деякі з цих правил наступні:

1. Не дозволяється включати електродвигуни і агрегати без попередньої перевірки наявності надійного заземлення.
2. Заміну згорілих запобіжників проводити при знятій напрузі в діелектричних рукавичках, стоячи на ізолюючій підставі і в окулярах. На силових складках, де зняти напругу не надається можливим, допускається заміна запобіжників під напругою, але при знятому навантаженні з даного фізера при цьому, окрім вказаних вище запобіжних засобів, заміну запобіжників слід проводити ізолюючими кліщами. Як запобіжники потрібно застосовувати стандартні плавкі вставки, використовувати нестандартні і саморобні запобіжники забороняється.
3. Електротехнічні роботи в цеху можуть проводитися тільки з дозволу начальника цеху, майстра зміни, енергетика цеху і під спостереженням останнього.

4. Всі металеві частини електроустаткування і електроустановок, які можуть опинитися під напругою унаслідок порушення електроізоляції, повинні бути заземлені.

5. Включення апарату електрозварювання в мережу і його відключення повинне проводитися тільки черговим електриком, після ретельного огляду агрегату, проводів і заземлення.

6. Кожен робітник повинен пам'ятати, що електричний струм небезпечний для життя. Сила струму 0,1 А – смертельна для людини.

7. При нещасному випадку, події від поразки електричним струмом, необхідно звільнити постраждалого від дії струму, відключити джерело струму, надати першу допомогу, повідомити на швидку допомогу по телефону 03.

8. Всі розподільні пристрої в цеху повинні закриватися на замок. Вхід в розподільний пристрій стороннім особам забороняється. [21]

Переносне заземлення повинне бути виготовлене із затисків і неізольованих мідних багатожильних проводів, що мають перетин не меншого 16 мм^2.

ВИСНОВКИ

Даний дипломний проект присвячений отриманню адипінової кислоти стадія сушки потужністю 71 *тис. т/рік*.

В ньому розглянуті фізико-хімічна характеристика процесу, технологічна і експлуатаційна характеристика процесу. Приведені розрахунки матеріального і теплового балансів, розрахунок витратних коефіцієнтів; елементи конструкційного розрахунку основного апарату. Приділена увага питанням ресурсозбереженню і охороні навколишнього середовища та праці.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1 Ильенко И.Б. «К вопросу совершенствования технологии производства адипиновой кислоты» 2000 №2.

2 Зелинский Н.Д. ЖРФХО, 1903, 35, 1280.

3 Мачинская И.В., Веселовская Т.К. Журнал прикладной химии, 1944, 17, №6, 377.

4 Патент США 2316543 (1943).

5 Японский патент 15413/66 (1966).

6 Бейли Ф.С. «Органическая химия», 1957, 22, 1548.

7 Истмэн Р.Г., Сильверстеин Р.М. Журнал «Американская химия», 1953, 75, №6, 1493.

8 Вене Дж. Б., 1948, 23, 123.

9 Павлов К.Ф., Романков П.Г. Примеры и задачи по курсу ПАХТ – Л. Химия 1981.

10 Фурман М.С., Бодрян А.С.,Гольдман А.М. и др. Производство циклогексанола и адипиновой кислоты окислением циклогексана. – М.: Химия, 1967.

11 Технологический регламент № 104. Производство органических продуктов из ароматического сырья.

12 Энерготехнология ресурсов сбережения №2, 1994: Колесникова Т.Б., Дышловой В.Ч., Каут В.М. Селективное окисление азотной кислотой циклогексанола в присутствии глутаровой кислоты.

13 Краткий справочник физико-химических величин. – Л.: Химия 1983.

14 Бесков С.Д. Технологические расчеты. – М.: Химия, 1966.

15 ГОСТ 14249 – 89.

16 Лыков В.В. Теория сушки – М.: Химия, 1974.

17 Дытнерский Ю.И. Основные процессы и аппараты химической технологии. - М.: издательство «Химия», 1983.

18 П., Шарун О. П. - Сєвєродонецьк: Видавництво СТІ ВУНУ ім. В.Даля, 2002.

19 Методичні вказівки до віконання розділу «контроль та керування хіміко-технологічними процесамі» / Склали.: Целіщев О. Б., Лорія М. Р. - Северодонецк: Видавництво СТІ ВУНУ ім. В.Даля, 2004.

20 Методичні вказівки до віконання розділу з охороні праці / Склали.: Мякухіна В. Т., Попенко Р. В., Єрешко У. П., Шарун О. П. - Северодонецк: Видавництво СТІ ВУНУ ім. В.Даля, 2002.

21 Инструкция АГ – 1/05 по охране труда аппаратчику окисления цеха органических кислот производства №3.

22 Методичні вказівки до віконання розділу з економіки / Склали.: Шевцова А. З., - Сєвєродонецьк: Видавництво СТІ ВУНУ ім. В.Даля, 2004.

23 Методичні вказівки до віконання розділу з цивільної оборони / Склали.: Мякухіна В. Т., Попенко Г. В., Єрешко В.

ДОДАТКИ